Digitized by Google

600044649X

G.10.D.10

E. BIBL. RADCL.

1982 e 2/21.

Digitized by Google

Digitized by Google

600044649X

C.10. D.10

E. BIBL. RADCL.

1982 e 3/21

Digitized by Google

Digitized by Google

600044649X

G.10. D.10

E. BIBL. RADCL.

1982 e 2/21

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbuch

X. Band.

Zweite Abtheilung.

Waf — Win.

Digitized by Google

Digitized by Google

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Gmelin. Littrow. Muncke. Pfaff.

Zehnter Band.

Zweite Abtheilung.

Waf — Win.

Mit Kupfertafeln X bis XXXIV.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1842.

Digitized by Google

Digitized by Google

Wahrſcheinlichkeitsrechnung.

Ars conjectandi, Calculus probabilitatis; Calcul des probabilités; *Probability Calculus, Doctrine of Chances.*

Die wichtigsten Fragen, die unsere wissenschaftlichen und geselligen Verhältnisse betreffen, lassen sich beinahe alle auf Probleme der Wahrscheinlichkeit zurückführen. In der That sind bei weitem die meisten menschlichen Erkenntnisse nur Wahrscheinlichkeiten, und selbst in denjenigen, die uns Gewiſsheit gewähren, in den mathematischen Wissenschaften, sind die vorzüglichsten Mittel, zu dieser sogenannten Gewiſsheit zu gelangen, *Analogie* und *Induction*, die sich beide wieder nur auf Wahrscheinlichkeit gründen.

Alle Ereignisse, selbst diejenigen, die durch ihre Geringfügigkeit oder durch ihre scheinbare Unordnung uns ganz zufällig und von den groſsen Gesetzen der Natur völlig unabhängig erscheinen, sind doch ohne Zweifel eine ebenso nothwendige Folge derselben ewigen Gesetze, als es die Bewegung der Sonne und aller Körper des Himmels nur immer seyn kann, und nur unsere Unkenntniſs des Zusammenhangs dieser Erscheinungen mit jenen Gesetzen des Weltalls verleitet uns, sie der Wirkung des Ungefährs, des blinden Zufalls zuzuschreiben. Wie sich allmälig unsere Kenntnisse der Natur erweitern, zieht sich in demselben Maſse das Reich des Zufalls in immer engere Grenzen zusammen. Die Erscheinung einer Finsterniſs war sonst Gegenstand des allgemeinen Schreckens, die der Kometen ist es bei Vielen im Volke noch jetzt, während der Astronom beide Phänomene nur als den Gegenstand seiner ruhigen Rechnung betrachtet. Die krummen Linien aber, welche die kleinsten Staubkörnchen in unserer Luft beschreiben, so wie überhaupt alle Bewegungen und Erscheinungen in und auf und

Digitized by Google

über der Erde sind ohne Zweifel ebenso geordnet und ebenso b stimmten und unveränderlichen Gesetzen unterworfen, als die Ba nen, welche von jenen groſsen Körpern des Himmels im Weltrau beschrieben werden. Der Unterschied, welcher zwischen beid für uns noch statt hat, liegt nicht in ihnen, sondern ein nur in uns selbst, in unserer Beschränktheit, in unserer U kenntniſs der Dinge und ihres Zusammenhangs.

In allen den zahlreichen Verhältnissen also, wo uns *Wah heit*, oder was wir so nennen, versagt ist, müssen wir u mit *Wahrscheinlichkeit* begnügen. Man hat es versucht, di Wahrscheinlichkeit zum Gegenstande der Berechnung zu m chen. Pascal, Fermat und Huyghens in der Mitte d siebzehnten Jahrhunderts haben die ersten Gründe zu die neuen Wissenschaft gelegt, die erst in unsern Tagen von L place, Poisson und Gauss ihre letzte Ausbildung erhielt.

Um zuerst einen bestimmten Begriff des im gemeinen L ben sehr vieldeutigen Wortes *Wahrscheinlichkeit* aufzustell so werden wir damit das Verhältniſs der Anzahl der einem g wissen Ereignisse günstigen Fälle zu der Anzahl aller möglich Fälle, die hier eintreten können, bezeichnen. So ist z. B. Wahrscheinlichkeit, mit einem gewöhnlichen sechsseitigen W fel eine bestimmte Anzahl von Augen auf einen Wurf zu werf gleich $\frac{1}{6}$, da die Anzahl der diesem Ereignisse günstigen Fä gleich 1, die Anzahl aller möglichen Fälle aber gleich 6 Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Ereignisses w also in der Form eines Bruches dargestellt werden, dessen Z ler die Summe aller günstigen und dessen Nenner die Sum aller möglichen Fälle enthält. Dieser Bruch wird sich der E heit desto mehr nähern, je gröſser die Anzahl der günsti Fälle gegen die Anzahl aller möglichen Fälle ist, und nur da wenn unter allen möglichen Fällen gar kein ungünstiger d. h. wenn alle Fälle günstig sind, wird dieser Bruch zur *Ei heit* und die Wahrscheinlichkeit zur *Gewiſsheit* werden, daſs also die Einheit gleichsam das Symbol der Gewiſsheit welcher sich die bloſse Wahrscheinlichkeit desto mehr näh je gröſser die Anzahl der günstigen Fälle zu der Anzahl a möglichen Fälle ist.

Bei dieser Erklärung des Wortes *Wahrscheinlichk* drängt sich aber sogleich eine hohe wichtige Bemerkung a Es giebt Ereignisse, für welche sich die Anzahl der günsti

Digitized by Google

sowohl, als die der möglichen Fälle überhaupt genau voraus- bestimmen und angeben läſst. Das vorige Beispiel gehört offenbar hierher. Die Berechnungen dieser Wahrscheinlichkeiten bilden die sogenannte *Wahrscheinlichkeitsrechnung* im engeren Sinne des Wortes, und von ihr werden wir in der ersten Abtheilung dieses Artikels reden. Ist aber die Anzahl der günstigen Fälle oder der möglichen oder beider nicht genau gegeben, sondern kennt man nur überhaupt die Grenzen, zwischen welche die günstigen sowohl, als auch die möglichen Fälle fallen, und muſs man, statt jener sichern und bestimmten Regeln, auf mehrmals wiederholte Erfahrungen, Experimente und Beobachtungen Rücksicht nehmen, so entsteht eine ganz andere Betrachtung des Gegenstandes, die unter der Benennung der *Methode der kleinsten Quadrate* bekannt ist und die der Gegenstand der zweiten Abtheilung dieses Artikels seyn soll. Dieses zweite Verfahren ist es, das vorzüglich den Astronomen, den Physiker und überhaupt alle diejenigen in hohem Grade angeht, die sich mit den Erscheinungen der Natur beschäftigen, um aus denselben durch ihre Beobachtungen die Gesetze dieser Erscheinungen abzuleiten. Wenn man z. B. gefunden hätte, daſs die Ausdehnung des Volumens eines Körpers durch eine bestimmte Erhöhung seiner Temperatur in mehrern auf einander folgenden Beobachtungen einmal 5, dann 8, dann 6 u. s. w. Hunderttheile dieses Volumens betrug, so entsteht die Frage, welche von diesen aus 3 oder 4 oder mehr Beobachtungen erhaltenen Zahlen die wahrscheinlichste sey, und selbst welchen Grad der Wahrscheinlichkeit diese Zahl gegen die andern habe, oder auch, wie weit man diese Beobachtungen fortsetzen müsse, um aus ihnen ein Resultat zu erhalten, das einen gegebenen Grad der Wahrscheinlichkeit besitzt u. s. w. Fragen dieser Art erfordern aber eigene Untersuchungen, die, wie gesagt, der Gegenstand der zweiten Abtheilung seyn werden.

A. Wahrscheinlichkeitsrechnung im engeren Sinne.

Auch wenn, wie hier vorausgesetzt wird, die Anzahl der günstigen sowohl, als die aller möglichen Fälle für irgend ein Ereigniſs ganz genau bekannt ist, läſst sich doch die Wahrscheinlichkeit irgend eines dieser Fälle unter verschiedenen Ge-

Digitized by Google

sichtspuncten betrachten, daher wir auch mehrere Arten v Wahrscheinlichkeit unterscheiden.

I. Absolute Wahrscheinlichkeit.

Unter der Benennung der *absoluten Wahrscheinlichk* wollen wir, wie oben im Allgemeinen gesagt ist, das Verhäl niſs der Anzahl der günstigen Fälle zu der Anzahl aller mö lichen Fälle begreifen, vorausgesetzt, daſs diese letzten a gleich möglich sind. Wenn es also unter einer Anzahl N v gleich möglichen Fällen n Fälle giebt, die irgend einem au gestellten Ereignisse günstig sind, also auch $n' = N - n$ di sem Ereignisse ungünstige, so ist nach der vorhergehend Erklärung die Wahrscheinlichkeit W, daſs ein günstiger F eintrete,

$$W = \frac{n}{N},$$

und ebenso die Wahrscheinlichkeit W', daſs ein ungünstig Fall eintrete,

$$W' = \frac{n'}{N}.$$

Die Summe dieser beiden Wahrscheinlichkeiten ist also

$$W + W' = \frac{n + n'}{N} = 1$$

oder der Einheit, das heiſst, der Gewiſsheit gleich, wie seyn muſs, da von allen möglichen irgend einer, ein günst ger oder ungünstiger, eintreten muſs, sobald nur das Ereign überhaupt statt hat, wie hier der Natur der Sache gemäſs vo ausgesetzt wird.

Um dieses durch ein Beispiel zu erläutern, wollen v zwei sechsseitige Würfel A und B annehmen, von denen je Seite nach der Reihe mit 1, 2 . . bis 6 Augen bezeichnet i Wenn man nun beide Würfel zugleich wirft, so sind übe haupt 36 Fälle möglich, wie die folgende Tafel zeigt.

Digitized by Google

A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	1	2	1	3	1	4	1	5	1	6	1
1	2	2	2	3	2	4	2	5	2	6	2
1	3	2	3	3	3	4	3	5	3	6	3
1	4	2	4	3	4	4	4	5	4	6	4
1	5	2	5	3	5	4	5	5	5	6	5
1	6	2	6	3	6	4	6	5	6	6	6

Welches ist demnach die Wahrscheinlichkeit W, daſs man auf einen Wurf mit dem Würfel A die Zahl 2 und mit dem andern B die Zahl 5 werfen wird? Die Antwort ist

$$W=\frac{1}{36}$$

und ebenso ist die Wahrscheinlichkeit W′ des entgegengesetzten Falls, daſs man nämlich nicht 2 mit A und 5 mit B werfen wird, gleich

$$W'=\frac{35}{36}.$$

Welches ist aber die Wahrscheinlichkeit W, daſs man überhaupt, ohne Rücksicht auf die einzelnen Würfel, mit einem Wurfe beider Würfel die Zahlen 2 und 5 werfe? Die Antwort ist

$$W=\frac{2}{36},$$

und die Wahrscheinlichkeit W′ des Gegentheils, daſs man nämlich auf den ersten Wurf beider Würfel die Zahlen 2 und 5 nicht werfen wird, ist

$$W'=\frac{34}{36}.$$

Für den besondern Fall aber, daſs man mit einem Wurfe beider Würfel zwei gleiche Zahlen, z. B. 2 und 2, werfen werde, hat man

$$W=\frac{1}{36} \text{ und } W'=\frac{35}{36}.$$

Für den Fall, daſs die *Summe* der so auf einen Wurf geworfenen Zahlen gleich 7 sey, ist

$$W=\frac{6}{36}=\frac{1}{6} \text{ und } W'=\frac{30}{36}=\frac{5}{6}.$$

Für den Fall, daſs diese Summe gleich 5 sey, ist

Digitized by Google

$$W = \frac{4}{36} = \frac{1}{9} \text{ und } W' = \frac{32}{36} = \frac{8}{9}.$$

Für den Fall, daſs dieſe Summe gleich 4 ſey, iſt

$$W = \frac{3}{36} = \frac{1}{12} \text{ und } W' = \frac{33}{36} = \frac{11}{12} \text{ u. s. w.}$$

In allen dieſen Fällen iſt immer

$$W' = 1 - W \text{ oder } W + W' = 1.$$

Bezeichnet alſo überhaupt W die Wahrſcheinlichkeit eines ı günſtigen Falls, alſo auch 1 — W die eines ungünſtigen, kann ich W gegen 1 — W wetten, oder, was daſſelbe is

$$\frac{W}{1-W} \text{ gegen } 1$$

wetten, daſs ein für mich günſtiger Fall eintreten werde. dem letzten Beiſpiel war $W = \frac{1}{12}$, alſo kann ich $\frac{W}{1-W} =$ gegen 1 wetten, daſs ich auf den erſten Wurf beider Wü *vier* Augen, als Summe (alſo entweder 1 und 3, oder 2 und werfen werde. Oder mit andern Worten: wenn die Wette v ſtändig, für beide Parteien gleich vortheilhaft ſeyn ſoll, muſs der Vertrag ſo geſtellt werden, daſs, ſo oft ich auf nen Wurf mit zwei Würfeln 4 Augen treffe, mein Ge mir 11 Gulden gebe, während ich ihm, ſo oft ich nicl Augen treffe, nur 1 Gulden zahle.

Damit ſind aber noch zwei weſentliche Bemerkungen verbinden. Wenn nämlich der ſo eben erwähnte Vertrag z ſchen beiden Parteien eingegangen wird, ſo ſollte Glück Unglück, Gewinn und Verluſt auf beiden Seiten gleich vert ſeyn. Wenn ich alſo z. B. 24 ſolche Doppelwürfe gemacht h ſo ſollen, jener Rechnung zufolge, unter dieſen 24 Wü nur 2 ſeyn, wo ich 4 Augen traf, und im Gegentheil Würfe, wo ich weniger oder mehr als 4 Augen warf. jene zwei mir günſtigen Fälle erhalte ich von meinem Ge 2mal 11 oder 22 Gulden, während ich ihm für die 22 ungünſtigen Fälle 22 Gulden geben muſs, ſo daſs alſo, Ende dieſes Spiels, keiner von beiden etwas gewonnen verloren hat. Allein dieſes wird bei dieſen erſten 24 Wi wohl nicht ganz ſo ſeyn, ſondern es wird ſich hier noch gewiſſe Ungleichheit in dem Gewinne oder Verluſte der b

Spielenden zeigen. Diese Ungleichheit wird aber immer kleiner werden, je weiter man das Spiel fortsetzt. Wenn z. B. bei den ersten 24 Würfen der Unterschied des Gewinns beider Personen noch 5 Gulden beträgt, so wird er bei 50 Würfen nur noch 4, bei 100 Würfen 3, bei 200 Würfen nur noch 2 Gulden betragen u. s. w., so daſs also die Resultate jener Rechnungen nicht für einzelne Fälle, auch nicht für einige wenige solcher Fälle genau geltend angenommen werden sollen, sondern nur für eine sehr groſse Reihe von Fällen, und zwar so, daſs diese Resultate immer desto sicherer, der Wahrheit desto näher seyn werden, je gröſser die Anzahl dieser Fälle ist.

Auf diese Weise sind alle Resultate der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu verstehen, welcher Art auch die Fälle seyn mögen, auf die sie sich beziehn. So folgt z. B. aus den bekannten Mortalitätslisten von Baumann, daſs von den in demselben Jahre gebornen Menschen nach den ersten 18 Jahren nur ungefähr die Hälfte lebe, die andere also schon gestorben sey. Damit soll aber keineswegs gesagt seyn, daſs von je zwei in demselben Jahre Gebornen nach 18 Jahren nur noch einer, auch nicht, daſs von je 100 zugleich Gebornen nach 18 Jahren gerade nur 50 am Leben seyn werden. Der Unterschied in dem letzten Falle wird vielleicht noch zehn und mehr Personen betragen. Aber bei 1000 zugleich Gebornen wird dieser Unterschied zwischen den nach 18 Jahren Lebenden Gestorbenen schon beträchtlich kleiner seyn, als zuvor, und bei 10000 solcher Personen wird er noch viel kleiner seyn, und bei einer Million in demselben Jahre geborner Menschen wird er vielleicht schon ganz verschwunden seyn, so daſs man, wenn man mehrere auf einander folgende Jahre hindurch die Geburts- und Sterbelisten eines groſsen, reichbevölkerten Landes betrachtet, nach je 18 Jahren beinahe immer genau die Hälfte der vor dieser Epoche gebornen Menschen unter den bereits verstorbenen finden wird.

Vorausgesetzt, und dieses ist die zweite der oben angeführten wesentlichen und allgemeinen Bemerkungen, vorausgesetzt also, daſs sich, um bei unserm letztern Beispiele stehen zu bleiben, in dieser Reihe von Jahren die auf die Geburt und den Tod Einfluſs habenden Verhältnisse jenes Landes im Allgemeinen nicht geändert haben. Wenn aber in dem einen oder

dem andern dieser Jahre Kriege oder verheerende Seuchen üb das Land gekommen sind, oder wenn aus andern Ursachen d Lebensweise, die Moralität, die Gesetzgebung des Volkes, au eine günstige oder ungünstige Weise, sich geändert haben, dan werden mit den veränderten Ursachen auch andere Wirkunge eintreten, und diese Wirkungen werden sich auch in de Geburts- und Sterbelisten entweder vorübergehend, wenn jen Aenderungen selbst wieder aufhören, oder auch bleibend äu ſsern, wenn jene Ursachen selbst eine längere Zeit unveränder bestehen.

Diese beiden Bemerkungen erstrecken sich auf Alles, wa in diesem Artikel noch gesagt werden wird, und sie sind da her nie auſser Acht zu lassen.

Aus der vorhergehenden Tafel sieht man noch, daſs d Wahrscheinlichkeit W, mit zwei Würfeln einen sogenannte Pasch (zwei gleiche Zahlen) zu werfen, $= \frac{6}{36} = \frac{1}{6}$ ist, fü einen bestimmten Pasch (für zwei gleiche, gegebene Zahle z. B. 3, 3 oder 4, 4 u. s. w.) aber ist $W = \frac{1}{36}$, also sechs mal kleiner, als zuvor. Ueberhaupt zeigt diese Tafel, daſs vo den 36 möglichen Fällen

nur	1 Fall den Wurf von	2
	2 Fälle	3
	3	4
	4	5
	5	6
	6	7
	5	8
	4	9
	3	10
	2	11
	1 Fall	12

Augen geben daſs also unter allen Würfen der wahrscheinlichst der von 7 Augen, der unwahrscheinlichste aber der von 2 ode auch von 12 Augen ist.

II. Relative Wahrscheinlichkeit.

Die bisher betrachtete absolute Wahrscheinlichkeit bezieh sich auf alle möglichen Fälle einer bestimmten Art. Die re

Digitized by Google

bare Wahrscheinlichkeit aber tritt dann ein, wenn von allen möglichen Fällen durch die Natur der Aufgabe einige ausgeschloſsen werden.

Ist $N = n + n'$ die Anzahl aller möglichen Fälle, und giebt es unter ihnen n Fälle einer und n' Fälle anderer Art, so ist die absolute Wahrscheinlichkeit, daſs ein Fall der ersten Art eintreten werde, nach dem Vorhergehenden $W = \frac{n}{n+n'}$, und ebenso ist die absolute Wahrscheinlichkeit, daſs ein Fall der zweiten Art eintreten werde, $= \frac{n'}{n+n'}$, und daraus folgt, daſs die relative Wahrscheinlichkeit für die Fälle der ersten Art

$$\frac{n}{n+n'} = \frac{W}{W+W'}$$

und für die Fälle der zweiten Art

$$\frac{n'}{n+n'} = \frac{W'}{W+W'}$$

seyn muſs. Die *relative Wahrscheinlichkeit* eines Falls ist also gleich der *absoluten Wahrscheinlichkeit* desselben Falles, dividirt durch die Summe der absoluten Wahrscheinlichkeiten.

Um auch dieses durch ein Beispiel deutlich zu machen, wollen wir zwei Personen annehmen, die mit zwei Würfeln unter der folgenden Bedingung spielen. Der erste soll gewinnen, wenn er, alle übrigen Fälle unbeachtet, mit einem Wurfe 7, und der andere, wenn er mit einem Wurfe 4 Augen wirft. Dieses vorausgesetzt ist die absolute Wahscheinlichkeit, daſs der erste gewinne, $W = \frac{6}{36}$, und ebenso ist die absolute Wahrscheinlichkeit, daſs der zweite gewinne, $W' = \frac{3}{36}$. Daraus folgt daher die relative Wahrscheinlichkeit, daſs der erste gewinne,

$$\frac{W}{W+W'} = \frac{6}{9}$$

und die, daſs der zweite gewinne,

$$\frac{W'}{W+W'} = \frac{3}{9},$$

so daſs sich also die relative Wahrscheinlichkeit des ersten zu der des zweiten verhält wie 6 zu 3 oder wie 2 zu 1.

Eine Urne enthalte a weiſse, a′ rothe, a″ blaue, a‴ gr
Kugeln u. s. w., und es sey der Kürze wegen $a + a' + a'' + \ldots =$
Die absolute Wahrscheinlichkeit, daſs man auf den ersten
eine weiſse Kugel ergreifen werde, ist (nach I.) gleich $\frac{a}{A}$; eb
so hat man für eine rothe Kugel $\frac{a'}{A}$, für eine blaue $\frac{a''}{A}$ u. s
Aber die relative Wahrscheinlichkeit, daſs man eher eine wei
als eine rothe ziehen werde, ist gleich

$$\frac{\frac{a}{A}}{\frac{a}{A} + \frac{a'}{A}} = \frac{a}{a + a'},$$

also ist auch die relative Wahrscheinlichkeit, daſs man
eine rothe, als eine weiſse ziehen werde, gleich

$$\frac{\frac{a'}{A}}{\frac{a}{A} + \frac{a'}{A}} = \frac{a'}{a + a'},$$

und die Summe dieser beiden relativen Wahrscheinlichkeiten
wieder gleich der Einheit.

III. Zusammengesetzte Wahrscheinlichkeite

Die bisher betrachteten zwei Gattungen von Wahrsch
lichkeiten beziehen sich alle nur auf einzelne Fälle, und
können daher *einfache* Wahrscheinlichkeiten genannt wer
während alle nun folgenden, die mehrere dieser Fälle umfas
zusammengesetzte Wahrscheinlichkeiten heiſsen. Sind n
lich überhaupt N Fälle möglich, und sind davon n Fälle
einen, n′ für einen andern, n″ Fälle für einen dritten
günstig u. s. w., nennen wir ferner

$$W = \frac{n}{N};\ W' = \frac{n'}{N};\ W'' = \frac{n''}{N} \ldots$$

die absoluten Wahrscheinlichkeiten dieser verschiedenen
tungen von Fällen, so ist die Wahrscheinlichkeit, daſs von
beiden ersten Gattungen ein günstiger Fall eintreffe, g
$W + W'$; daſs von den drei ersten Gattungen ein güns
Fall eintrete, gleich $W + W' + W''$ u. s. w., das heiſs

so: die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens irgend eines der gegebenen Ereignisse ist gleich der Summe der absoluten Wahrscheinlichkeiten dieser Ereignisse. Folgendes Beispiel wird dieses erläutern.

Die absolute Wahrscheinlichkeit, mit zwei Würfeln die Zahl sieben zu werfen, war $W = \frac{6}{36}$, und ebenso ist die Wahrscheinlichkeit für die Zahl 8 gleich $W' = \frac{5}{36}$ und für die Zahl 9 ist sie $W'' = \frac{4}{36}$. Also ist auch die Wahrscheinlichkeit, mit einem Wurfe der zwei Würfel entweder 7 oder 8 zu werfen, gleich

$$W + W' = \frac{6}{36} + \frac{5}{36} = \frac{11}{36}$$

und ebenso ist die Wahrscheinlichkeit für die Zahl 8 oder 9 gleich

$$W' + W'' = \frac{5}{36} + \frac{4}{36} = \frac{9}{36}$$

und für die Zahl 7 oder 9

$$W + W'' = \frac{6}{36} + \frac{4}{36} = \frac{10}{36}.$$

Die Wahrscheinlichkeit aber, mit einem Wurfe der zwei Würfel die Zahl 7, 8 oder 9 zu werfen, ist

$$W + W' + W'' = \frac{6+5+4}{36} = \frac{15}{36}.$$

Ebenso findet man die Wahrscheinlichkeit, mit einem Wurfe die Zahlen 6, 7, 8 oder 9 zu werfen, gleich

$$\frac{5+6+5+4}{36} = \frac{20}{36}$$

und auf gleiche Weise ist für die Zahlen 5, 6, 7, 8 oder 9 die Wahrscheinlichkeit

$$\frac{4+5+6+5+4}{36} = \frac{24}{36} \text{ u. s. w.}$$

IV. Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens mehrerer Ereignisse.

Man habe zuerst nur zwei Gattungen von Ereignissen. Von der ersten Gattung sey N die Anzahl aller möglichen und n die Anzahl der günstigen Fälle. Für die zweite Gattung bezeichne man dieselben Gröſsen durch N' und n'. Die absolute Wahrscheinlichkeit, daſs ein günstiger Fall der ersten Gattung,

Digitized by Google

abgesehen von allen Fällen der zweiten Gattung, eintret
werde, ist

$$w = \frac{n}{N},$$

und ebenso hat man für die absolute Wahrscheinlichkeit, d
ein günstiger Fall der zweiten Gattung eintreten werde,

$$w' = \frac{n'}{N'}.$$

Man habe für ein specielles Beispiel von der ersten Gattu
$N = 4$ mögliche Ereignisse, die wir durch a, b, c und d b
zeichnen wollen, und unter denselben seyen nur $n = 3$ gü
stige, nämlich die drei ersten a, b und c. Von der zweit
Gattung aber habe man $N' = 3$ Ereignisse, a′, b′ und c′, u
unter denselben nur $n' = 2$ günstige, nämlich a′ und b′. I
nun jeder der N möglichen Fälle der ersten Gattung mit jede
der N′ möglichen Falle der zweiten Gattung paarweise zusam
mentreten kann, so wird es $NN' = 12$ solcher *möglichen* Paa
geben. Da aber auch jeder der n günstigen Fälle der erst
Gattung mit jedem der n′ günstigen Fälle der zweiten Gattu
paarweise zusammentreffen kann, so wird es $nn' = 6$ *günsti*
Paare (unter allen jenen 12 möglichen) geben, und die Wah
scheinlichkeit W, daſs ein solches günstiges Paar auch in d
That eintreten werde, wird seyn

$$W = \frac{n}{N} \cdot \frac{n'}{N'} \text{ oder } W = w.w'.$$

Man sieht also, daſs die Wahrscheinlichkeit des Zusammen
treffens zweier solcher Ereignisse gleich ww' oder gleich de
Producte der absoluten Wahrscheinlichkeiten dieser einzeln
Ereignisse ist. Kommt noch ein drittes Ereigniſs hinzu, fü
welches N″ die Zahl der möglichen, n″ die der günstigen Fäll
und daher $w'' = \frac{n''}{N''}$ die absolute Wahrscheinlichkeit des Ein
tretens eines dieser günstigen Fälle ist, so kann man das Zu
sammentreffen der beiden ersten Ereignisse als ein einzeln
Ereigniſs, dessen Wahrscheinlichkeit ww' ist, betrachten, un
dann wird die Wahrscheinlichkeit W, daſs je drei der einzelne
günstigen Ereignisse zusammentreffen oder zu gleicher Zeit sic
ereignen, durch die Gleichung

$$W = \frac{n}{N} \cdot \frac{n'}{N'} \cdot \frac{n''}{N''} \ldots (A) \ldots \text{ oder } W = w.w'.w''$$

Digitized by Google

ausgedrückt, und so fort für mehrere Gattungen von verschiedenen Ereignissen.

Ist bei den verschiedenen Gattungen dieser Ereignisse die Anzahl der möglichen Fälle immer dieselbe und gleich N, und sind wieder $\frac{n}{N}$; $\frac{n'}{N}$; $\frac{n''}{N}$ .. die absoluten Wahrscheinlichkeiten des Eintreffens eines Ereignisses der ersten, zweiten, dritten ... Gattung, so hat man für das Zusammentreffen dieser Ereignisse die Wahrscheinlichkeit

$$W = \frac{n\,.\,n'.\,n''.\,n'''\ldots}{N\,.\,N\,.\,N\,.\,N\ldots} \ldots \quad (B)$$

welcher Ausdruck z. B. seine Anwendung findet, wenn eine und dieselbe Handlung mehrere Male wiederholt wird. Ist bei den verschiedenen Gattungen von Ereignissen nicht nur die Anzahl N der möglichen Fälle, sondern auch noch die Anzahl n der günstigen Fälle jeder Gattung bei allen Gattungen gleich groſs, so wird man in der Gleichung (A) nicht nur alle N, sondern auch alle n unter sich gleich annehmen und sonach für die Wahrscheinlichkeit W, daſs ein Ereigniſs, dessen absolute Wahrscheinlichkeit $w = \frac{n}{N}$ ist, m mal nach einander eintrete, den Ausdruck haben

$$W = \left(\frac{n}{N}\right)^m \ldots \quad (C) \text{ oder } W = w^m.$$

Um auch diese allgemeinen Ausdrücke auf einige specielle Beispiele anzuwenden, so ist, nach dem Vorhergehenden, die absolute Wahrscheinlichkeit, mit einem Würfel die Zahl 1 zu werfen, gleich $\frac{1}{6}$. Also ist auch die Wahrscheinlichkeit, mit einem Würfel zweimal nach einander die Zahl 1 zu werfen, nach der Gleichung (C)

$$W = \frac{1}{6^2} = \frac{1}{36},$$

und die Wahrscheinlichkeit, zehnmal nach einander die Zahl 1 zu werfen, wird seyn

$$W = \frac{1}{6^{10}} = \frac{1}{60466176}.$$

So gering ist also die Wahrscheinlichkeit, daſs dieser günstige Fall eintreten werde. Die Wahrscheinlichkeit des Gegentheils, daſs er nämlich nicht eintrete, ist aber

Digitized by Google

$$1 - W = \frac{60466175}{60466176},$$

alſo ungemein nahe an der Einheit, d. h. an der Gewiſsh
so daſs alſo mein Gegner über 60 Millionen gegen 1 wett
kann, daſs der für mich günſtige Fall nicht eintreten werde

Ebenso iſt die abſolute Wahrscheinlichkeit, mit zwei Wü
feln auf einen Wurf die Zahlen 1 und 1 zu werfen, glei
$\frac{1}{36}$, alſo iſt auch die Wahrscheinlichkeit, mit ihnen zwein
nach einander die Zahlen 1 und 1 zu werfen, nach der Gl
chung (C)

$$W = \frac{1}{36^2} = \frac{1}{1296}.$$

Die abſolute Wahrscheinlichkeit, daſs die Summe der auf e
nen Wurf beider Würfel fallenden Zahlen 5 sey, war ob
gleich $\frac{4}{36} = \frac{1}{9}$ gefunden worden. Alſo iſt auch die Wah
scheinlichkeit, daſs dieser Fall ſich nach der Ordnung zeh
mal wiederhole, nach der Gleichung (C)

$$W = \frac{1}{9^{10}} = \frac{1}{3486784401}.$$

Iſt alſo von irgend einem Ereigniſse die abſolute Wah
scheinlichkeit gleich w, so iſt die Wahrscheinlichkeit, daſs die
Ereigniſs n mal nach einander und ununterbrochen eintre
werde, gleich $W = w^n$. Da nun w immer nur ein eigent
cher Bruch oder kleiner als die Einheit iſt, so muſs auch
deſto kleiner werden, je gröſser n iſt. Es sey z. B. ein E
eigniſs durch zwanzigmaliges Wiedererzählen verſchiedener P
sonen bekannt geworden, so daſs die erſte Person die Sac
einer zweiten, dieſe wieder einer dritten erzählte und so fo
Wenn nun auch die Wahrscheinlichkeit, daſs jede die
Personen die Sache ganz getreu und völlig so erzählt, wie
dieſelbe von der vorhergehenden Person gehört hat, gle
$w = \frac{9}{10} = 0.9$, alſo sehr groſs wäre, so würde doch
Wahrscheinlichkeit W der auf eine solche Weiſe übertrage
Nachricht nur gleich

$$W = (0.9)^{20} = 0{,}1216$$

seyn, d. h., man könnte nur nahe 1 gegen 8 wetten, daſs
durch eine solche 20fache Tradition erhaltene Erzählung au
der Wahrheit vollkommen gemäſs sey. Wäre dieſelbe Nac

Digitized by Google

nicht durch 100 Personen gegangen, so würde ihre Wahrscheinlichkeit

$$W = (0.9)^{100} = 0{,}00002656$$

seyn, oder man würde

$$\frac{W}{1-W} = 0{,}00002656 \text{ gegen } 1$$

oder, was dasselbe ist, man könnte nur

1 gegen 37646

wetten, daſs die so überlieferte Erzählung noch der Wahrheit gemäſs sey. Unsere Geschichtschreiber pflegen diesen Umstand nicht zu beachten, wenn sie von Begebenheiten sprechen, die oft viele Generationen hinter der Gegenwart liegen. Gewiſs würden sehr viele von ihren historischen Ereignissen, die allgemein als ganz ausgemacht gelten, wenigstens sehr zweifelhaft erscheinen, wenn sie einer solchen Prüfung unterworfen würden.

Die absolute Wahrscheinlichkeit, mit zwei Würfeln auf einen Wurf die Summe 8 zu werfen, war $\frac{5}{36}$, und die, daſs 9 geworfen werde, war $\frac{4}{36}$. Also ist auch die Wahrscheinlichkeit, daſs mit zwei Würfeln in zwei Würfen einmal 8 und einmal 9 geworfen werde, nach der Gleichung (A)

$$W = \frac{5}{36} \cdot \frac{4}{36} = \frac{5}{324} = 0{,}0154 .$$

Wenn A und B jeder zwei und ein dritter Spieler C nur einen Würfel wirft, so ist die absolute Wahrscheinlichkeit, daſs A zwei gleiche Zahlen werfe, gleich $\frac{1}{6}$; die aber, daſs B keine gleichen Zahlen werfe, gleich $\frac{30}{36} = \frac{5}{6}$, und die endlich, daſs C die Zahl 6 werfe, gleich $\frac{1}{6}$. Also ist auch (nach der Gleichung A) die Wahrscheinlichkeit, daſs alle drei Fälle zugleich eintreten,

$$W = \frac{1}{6} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{1}{6} = \frac{5}{216} = 0{,}0231 .$$

Eine Urne enthalte 1 schwarze und 2 weiſse Kugeln. Eine zweite Urne enthalte 1 schwarze und 4 weiſse Kugeln. Welches ist die Wahrscheinlichkeit, daſs man auf den ersten Zug aus einer dieser Urnen eine weiſse Kugel ziehen werde? Die absolute Wahrscheinlichkeit, daſs man die Hand an die erste legen werde, ist $\frac{1}{2}$, und die, daſs dann eine weiſse Kugel gezogen werde, ist $\frac{2}{3}$, also ist auch die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens beider Fälle (nach A) gleich

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} = \frac{1}{3} .$$

Digitized by Google

Ganz ebenso erhält man bei der zweiten Urne für die W
scheinlichkeit des Zusammentreffens beider Fälle

$$\tfrac{1}{2} \cdot \tfrac{4}{5} = \tfrac{2}{5}.$$

Da aber diese zwei Wahrscheinlichkeiten $\frac{1}{3}$ und $\frac{2}{5}$ beide für selbe günstige Ereigniſs gehören, so hat man (nach Nr. für die gesuchte Wahrscheinlichkeit

$$W = \tfrac{1}{3} + \tfrac{2}{5} = \tfrac{11}{15} = 0{,}733.$$

Dieses Beispiel allgemeiner zu stellen, habe man a Urnen, ren jede m weiſse und n schwarze Kugeln hat, und a′ U deren jede m′ weiſse und n′ schwarze Kugeln hat, so is Wahrscheinlichkeit, daſs man auf den ersten Zug eine w Kugel ziehen wird, gleich

$$W = \frac{a}{a + a'} \cdot \frac{m}{m + n} + \frac{a'}{a + a'} \cdot \frac{m'}{m' + n'}.$$

In dem vorhergehenden speciellen Beispiele ist $a = a' =$ $n = n' = 1$; $m = 2$ und $m' = 4$, also wieder $W = \frac{1}{3} + \frac{2}{5} =$ wie zuvor.

V. Wahrscheinlichkeiten für wechselseiti Ereignisse.

Sey N die Anzahl aller möglichen Fälle, und davon Anzahl der einem gewissen Ereignisse, n′ aber die Anzah einem andern Ereignisse günstigen Fälle, so sind, nach Vorhergehenden, die absoluten Wahrscheinlichkeiten, daſs jenen n Fällen einer, oder daſs von diesen n′ Fällen einer treten werde,

$$w = \frac{n}{N} \text{ oder } w' = \frac{n'}{N}.$$

Welches ist aber die Wahrscheinlichkeit W, daſs ent eines jener n ersten Ereignisse eintrifft, oder, wenn nicht der Fall ist, daſs dann doch wenigstens eines d zweiten Ereignisse eintreffe? Die Wahrscheinlichkeit, das erste Ereigniſs eintrete, ist gleich w, also auch die W scheinlichkeit, daſs es nicht eintrete, gleich $1 - w$, und die Wahrscheinlichkeit, daſs das erste nicht, aber dann das zweite eintrete, (nach Nr. IV) gleich

$$(1 - w)\, w'.$$

Digitized by Google

Diesem gemäſs ist also die gesuchte Wahrscheinlichkeit W, daſs ntweder das erste Ereigniſs eintritt, oder wenn dieses nicht der Fall ist, daſs dann doch das andere Ereigniſs eintritt (nach Nr. III),

$$W = w + (1 - w)\,w'$$

oder, wie sich dieser Ausdruck auch schreiben läſst,

$$W = 1 - (1 - w)(1 - w').$$

Ein Beispiel wird dieses erläutern. Die Wahrscheinlichkeit, mit zwei Würfeln auf den ersten Wurf 9 oder, wenn dieses nicht geschieht, wenigstens auf den zweiten Wurf 9 zu treffen, ist gleich

$$W = 1 - (1 - \tfrac{4}{36})(1 - \tfrac{4}{36}) = 0{,}210.$$

Die Wahrscheinlichkeit aber, auf den ersten Wurf 9 oder, wenn dieses nicht geschieht, doch auf den zweiten Wurf 8 zu treffen, ist

$$W = 1 - (1 - \tfrac{4}{36})(1 - \tfrac{5}{36}) = 0{,}234.$$

Hat man drei Ereignisse, deren Wahrscheinlichkeiten

$$w = \frac{n}{N}; \quad w' = \frac{n'}{N} \text{ und } w'' = \frac{n''}{N}$$

sind, so findet man die Wahrscheinlichkeit W, daſs entweder das erste Ereigniſs eintrifft, oder, wenn dieses nicht geschieht, das zweite erfolgt, oder, wenn auch dieses nicht geschieht, doch das dritte eintrifft, sehr leicht auf folgende Weise. Setzt man der Kürze wegen

$$x = 1 - (1 - w)(1 - w'),$$

so sieht man sogleich, wie zuvor, daſs man

$$W = 1 - (1 - x)(1 - w'')$$

haben wird, also auch, wenn man den Werth von x substituirt,

$$W = 1 - (1 - w)(1 - w')(1 - w'').$$

So erhält man z. B. für die Wahrscheinlichkeit, daſs man mit zwei Würfeln im ersten Wurfe 7 oder, wenn dieses nicht eintrifft, im zweiten Wurf 7 oder, wenn auch dieses nicht eintrifft, wenigstens im dritten Wurfe 7 werfen wird,

$$W = 1 - (1 - \tfrac{1}{6})(1 - \tfrac{1}{6})(1 - \tfrac{1}{6}) = \tfrac{91}{216}.$$

Auf ähnliche Art wird man bei vier Ereignissen, deren Wahrscheinlichkeiten w, w′, w″ und w‴ sind, haben

$$W = 1 - (1 - w)(1 - w')(1 - w'')(1 - w''') \text{ u. s. w.}$$

Digitized by Google

Dieſe Ausdrücke laſſen sich unmittelbar auf die wahrschei
che Dauer der Verbindungen zweier oder mehrerer Perſonen
Wittwen- und Waiſenanſtalten anwenden. Iſt nämlich w
Wahrſcheinlichkeit, daſs eine a jährige Perſon A noch p Ja
leben wird, und iſt ebenſo w′ die Wahrſcheinlichkeit, daſs e
b jährige Perſon B noch p Jahre, und w″, daſs eine c jähı
Perſon C noch p Jahre leben wird u. s. f. (welche Wa
ſcheinlichkeiten man aus den bekannten Mortalitätstafeln du
Rechnung finden kann), ſo iſt

$w . w'$ die Wahrſcheinlichkeit, daſs A und B noch p Ja beiſammen leben, oder $w . w'$ iſt die *Ehedauer* de zwei Perſonen. Ebenſo iſt

$1 - w . w'$ die Wahrſcheinlichkeit, daſs von dieſen bei Perſonen nach p Jahren eine ſchon todt iſt; ferner iſt

$w(1 - w')$ die Wahrſcheinlichkeit, daſs nach p Jahren Perſon A noch lebe und B ſchon todt iſt;

$w'(1 - w)$ die Wahrſcheinlichkeit, daſs nach p Jahre ſchon todt iſt und B noch lebt;

$(1 - w)(1 - w')$ die Wahrſcheinlichkeit, daſs nach p Jal beide ſchon todt ſind, und endlich

$1 - (1 - w)(1 - w')$ die Wahrſcheinlichkeit, daſs nac Jahren beide Perſonen noch nicht todt ſind, ſon daſs wenigſtens eine derſelben noch lebe.

Auf dieſelbe Weiſe iſt auch

$w . w' . w''$ die Wahrſcheinlichkeit, daſs nach p Jahren drei Perſonen A, B, C noch beiſammen leben

$w w'(1 - w'')$ daſs nach derſelben Zeit A und B noch le aber C todt iſt;

$(1 - w)(1 - w') w''$ daſs A und B ſchon todt ſind, ab noch lebt;

$1 - w w' w''$ daſs wenigſtens eine von dieſen drei Pers todt iſt;

$1 - (1 - w)(1 - w')(1 - w'')$ daſs noch nicht alle drei ſind, ſondern wenigſtens eine noch lebt;

$(1 - w)(1 - w')(1 - w'')$ daſs nach p Jahren alle drei s todt ſind u. s. f.

Digitized by Google

Nach der Mortalitätstafel von Baumann leben von 1000 in einem Jahre gebornen Personen

$$\begin{array}{llll} \text{nach } 20 \text{ Jahren noch} & 491 = A_{20} \\ \text{— } 30 \text{ — —} & 439 = A_{30} \\ \text{— } 40 \text{ — —} & 374 = A_{40} \\ \text{— } 50 \text{ — —} & 300 = A_{50} \\ \text{— } 60 \text{ — —} & 210 = A_{60}. \end{array}$$

Die Wahrscheinlichkeit, noch weitere 20 Jahre zu leben, ist für eine jetzt

20jährige Person $\frac{A_{20+20}}{A_{20}} = \frac{374}{491} = 0.8 = w$ nahe

30 — — $\frac{A_{30+20}}{A_{30}} = \frac{300}{439} = 0.7 = w'$

40 — — $\frac{A_{40+20}}{A_{40}} = \frac{210}{374} = 0.6 = w''$.

Diesem gemäſs hat man also für das eheliche Zusammenleben der beiden ersten, jetzt 20- und 30jährigen Personen

$$ww' = 0.56 \qquad w'(1-w) = 0.14$$
$$1 - ww' = 0.44 \qquad (1-w)(1-w') = 0.06$$
$$w(1-w') = 0.24 \qquad 1-(1-w)(1-w') = 0.94.$$

Betrachtet man aber die erste, jetzt 20jährige Person als die künftige Waise der beiden anderen, von welchen die eine jetzt 30 und die zweite 40 Jahre alt ist, so hat man für das Zusammenleben und das allmälige Sterben dieser drei Personen

$$ww'w'' = 0.34 \qquad w(1-w')(1-w'') = 0.10$$
$$ww'(1-w'') = 0.22 \qquad (1-w)(1-w')(1-w'') = 0.02$$
$$(1-w)(1-w')w'' = 0.04 \qquad 1-ww'w'' = 0.66$$
$$(1-w)w'(1-w'') = 0.06 \quad 1-(1-w)(1-w')(1-w'') = 0.98 \text{ u. s. f.,}$$

was sich noch beliebig weit fortsetzen läſst[1].

---

1 Weitere Anwendungen auf Leibrenten, Wittwen- und Waisenanstalten u. dgl. findet man in Tetens Einleitung in die Berechnung der Leibrenten u. s. w. Leipzig 1785 und J. G. Meyer, allgemeine Anleitung zur Berechnung der Leibrenten und Anwartschaften. Kopenhagen 1822. II Bde. Ueber die allgemeine Theorie dieser ersten Gattung der Wahrscheinlichkeitsrechnung aber kann man folgende Schriften nachsehen: Hugenii Tractatus de ratiociniis in ludo aleae, in Schooten's Exercitationes mathematicae 1658. Jacob Bernoulli Ars

Digitized by Google

B. Theorie der kleinsten Quadrate.

Da von dieser wichtigen, dem Physiker unserer Zeit u entbehrlichen Methode schon mehreres Vorzügliche ber oben[1] angegeben wurde, so werden wir uns hier gröſstenth nur auf das dort der Kürze wegen Uebergangene zu beschrä ken und dadurch diesen interessanten Gegenstand, besonders Beziehung auf die praktische Anwendung desselben, zu v vollständigen suchen.

I. Allgemeine Bemerkungen.

Zuerst wollen wir einige allgemeine Bemerkungen über hier anzustellenden Untersuchungen vorausschicken. Die E fahrung lehrt, daſs auch bei den einfachsten Beobachtung die mit den besten Instrumenten und mit der gröſsten Umsi und Geschicklichkeit angestellt werden, fortwährende Wied holungen derselben Beobachtungen stets *etwas verschied* Resultate geben, oder, mit andern Wòrten: daſs alle uns Beobachtungen, wie alle Menschenwerke, *fehlerhaft* sind. uns aber darum zu thun seyn muſs, so viel als möglich *fehlerſ* Beobachtungen zu erhalten und uns der gewünschten Wahrl wenigstens so sehr zu *nähern*, als es unsere Verhältnisse e erlauben, so entsteht die Frage, wie man aus einer du Beobachtungen gegebenen Anzahl von jenen unvermeidlich f lerhaften Resultaten dasjenige Resultat finden soll, welches ter allen dem *kleinsten Fehler* unterworfen, welches also der Wahrheit nächste oder welches das *wahrscheinlich Resultat* ist. Es muſs nun zuerst bemerkt werden, daſs l nicht von jenen constanten Fehlern die Rede ist, die aus eb so constanten Unvollkommenheiten unserer Instrumente o auch unserer Sinne entspringen. Wer z. B. mit einem ni luftleeren Barometer, oder mit einem schlecht getheilten Th mometer, oder wer mit einem astronomischen Sextanten, des

---

conjectandi. Basel 1713. MONTMORT Essay d'Analyse sur les jeux hazard. Par. 1713. MOIVRE the doctrine of chances. Lond. 1718 desselben Annuities of lives. 1756. LACROIX Élémens du calcul des p babilités, übersetzt von UNGER. Erfurt 1818. KLÜGEL's mathem. W terbuch, Bd. V. Art. Wahrscheinlichkeitsrechnung.

1 S. Art. *Beobachtung*. Bd. I. S. 901.

Collimationsfehler er nicht kennt, beobachtet, wird eben deshalb unrichtige Resultate erhalten, die sich aber nicht durch irgend eine Rechnung, sondern nur dadurch verbessern lassen, daſs man entweder bessere Instrumente anwendet, oder daſs man jene Fehler der alten Instrumente entweder kennen lernt und dann auf sie bei den Beobachtungen gehörige Rücksicht nimmt, oder daſs man sie, durch eine geschickte Anordnung der Beobachtungsarten, eliminirt und unschädlich macht. Bei den bekannten Beobachtungen an dem astronomischen Mittagsrohre pflegt man die Zeiten der Uhr anzugeben, in welchen ein Gestirn eben durch den im Brennpuncte des Rohrs ausgespannten Faden geht. Es giebt aber Astronomen, die sich entweder gewöhnt haben, oder die vielleicht durch die Einrichtung ihrer inneren Organisation gezwungen sind, jeden Durchgang des Sterns mit dem Auge gleichsam zu anticipiren oder um eine halbe Secunde und mehr mit ihrem Auge früher zu sehen, oder auch die Pendelschläge der Uhr mit ihrem Ohre um ebenso viel später aufzufassen, als andere Beobachter, und auch solche Fehler können offenbar keinen Gegenstand für die hier gemeinten Berechnungen abgeben.

Die eigentlichen Ursachen derjenigen Fehler, von welchen hier die Rede ist, sind uns unbekannt, daher wir sie mit dem Namen von *zufälligen* Fehlern zu bezeichnen pflegen, womit wir aber eben nur unsere Unkenntniſs derselben ausdrücken. Wir glauben dazu um so mehr berechtigt zu seyn, da diese Fehler nicht mehr, wie jene erstgenannten, *constant*, sondern da sie, wie die Erfahrung zeigt, in ihrer absoluten Gröſse sowohl, als auch in ihrem Zeichen *veränderlich* erscheinen, da sie bald positiv, bald negativ sind, und sich im Allgemeinen immer um eine gewisse mittlere Gröſse in bestimmten Grenzen auf und ab bewegen, so daſs, wenn man ihr sogenanntes *arithmetisches Mittel* nimmt, sie sich gegenseitig, groſsentheils wenigstens, aufheben oder doch gleichsam compensiren, und zwar dieses um so mehr, je gröſser die Anzahl dieser Beobachtungen selbst ist, immer vorausgesetzt, daſs sie alle unter einander unseres Wissens im Allgemeinen als gleich gute Beobachtungen zu betrachten sind. Wollte man z. B. annehmen, daſs diese Fehler alle mit *demselben* Zeichen behaftet wären, so würden sich einige Beobachtungen (deren Fehler gröſser ist) offenbar mehr von der Wahrheit entfernen, als die anderen,

Digitized by Google

und die sämmtlichen Beobachtungen könnten nicht mehr gleich gut angenommen werden. Die hier in Rede stehen Fehler werden also die Resultate der einzelnen Beobachtun ebenso leicht zu groſs als zu klein geben können. Eine s che Reihe von Fehlern wird anfangs, so lange die Anzahl Beobachtungen noch gering ist, als ganz willkürlich und glei sam zufällig erscheinen. Wenn aber diese Reihe immer we fortgesetzt wird, so sieht man endlich gewisse Erscheinun häufiger, und dafür wieder andere seltener hervortreten; früher Zufällige fängt an, sich zu verlieren, um einem gew sen constanten Verhältnisse seine Stelle abzutreten, indem s alle jene einzelnen Fehler gegen einen gewissen mittleren F ler herumlagern und anordnen, so daſs es ohne Zweifel s interessant seyn würde, diesen mittleren Fehler und den G seiner Wahrscheinlichkeit, so wie auch wohl den Grad Wahrscheinlichkeit eines jeden einzelnen Beobachtungsfehl auf irgend eine Weise näher kennen zu lernen.

Mitten unter den höchst veränderlichen und verwickel uns aber gröſstentheils unbekannten Ursachen der Erschein gen in der Natur bemerken wir also beinahe ohne Ausnah daſs die anfangs auftretenden Unordnungen und *Zufälligkeit* wie wir es nennen, in demselben Maſse abnehmen, wie öfter nach einander vorkommen, oder daſs, wie die Ersch nungen selbst sich vervielfältigen, eine Art von Ordnung ihnen sichtbar wird, die wir denn auch meistens, viellei wieder mit Unrecht, einer uns noch verborgenen *Absicht* zu schreiben pflegen.

Um dieses durch ein Beispiel deutlich zu machen, wol wir annehmen, daſs in einer Urne eine uns ganz unbekan Anzahl von weiſsen und von schwarzen Kugeln enthalten s Wenn man bei jedem Zuge aus dieser Urne eine einzige je Kugeln herausnimmt, ihre Farbe bemerkt, und sie dann wie in die Urne zurücklegt, um eine neue Ziehung vorzunehm so wird bei den ersten Zügen das Verhältniſs der gezoge weiſsen Kugeln zu den gezogenen schwarzen sehr veränderl und unregelmäſsig erscheinen. Allein je länger man diese Z hungen fortsetzt, desto deutlicher wird man auch ein gewis bestimmtes und constantes Verhältniſs dieser beiden Far sich gestalten sehen, und dieses Verhältniſs der *gezogenen* w ſsen und schwarzen Kugeln wird dem Verhältnisse der in

Digitized by Google

Urne *enthaltenen* weiſsen und schwarzen Kugeln immer näher kommen, je gröſser die Anzahl der Ziehungen ist, so daſs man endlich mit groſser Wahrscheinlichkeit das wahre Verhältniſs der Anzahl der in der Urne enthaltenen weiſsen und schwarzen Kugeln wird bestimmen können, wenn uns gleich anfangs dieses Verhältniſs völlig unbekannt gewesen ist. Wenn z. B. nach den ersten 300 Ziehungen die Zahl der gezogenen weiſsen Kugeln 120 und die der schwarzen 180 ist, so wird man schon mit einiger Wahrscheinlichkeit sagen können, daſs sich von den in der Urne enthaltenen Kugeln die Zahl der weiſsen zu der Zahl der schwarzen nahe wie 2 zu 3 verhalten müsse, und diese Wahrscheinlichkeit wird schon sehr groſs seyn, wenn von weiteren 6000 Ziehungen die Zahl der gezogenen weiſsen 2400, die der schwarzen aber 3600 ist, und so fort für eine noch gröſsere Anzahl von Ziehungen.

Denken wir uns ebenso eine groſse Reihe von kreisförmig aufgestellten Urnen, deren jede eine bedeutende Anzahl weiſser und schwarzer Kugeln enthält. Das ursprüngliche Verhältniſs dieser zwei Gattungen von Kugeln kann noch so verschieden seyn, so daſs z. B. mehrere Urnen bloſs weiſse und wieder andere bloſs schwarze Kugeln enthalten. Zieht man dann eine Kugel aus der ersten Urne und wirft sie in die zweite, schüttelt dann die Kugeln dieser zweiten Urne wohl durch einander, zieht aus ihr eine Kugel und wirft sie in die dritte u. s. w., bis man die aus der letzten Urne gezogene Kugel wieder in die erste wirft, und wiederholt man dieses Verfahren mit der ganzen Reihe von Urnen recht oft hinter einander, so wird, je weiter man kommt, desto mehr das Verhältniſs der weiſsen und schwarzen Kugeln in *jeder* Urne sich dem immer mehr constant werdenden Verhältniſs der weiſsen und schwarzen Kugeln in *allen* Urnen nähern. Durch dieses Verfahren wird also die anfängliche Unregelmäſsigkeit dieses Verhältnisses in jeder einzelnen Urne sich immer mehr und mehr verlieren und endlich in eine sehr einfache Ordnung übergehn. Wenn z. B. das anfängliche Verhältniſs der weiſsen Kugeln in *allen* Urnen zu den schwarzen, wie in dem ersten Beispiele, gleich 2:3 war, so wird am Ende des angezeigten Verfahrens auch dasselbe Verhältniſs in *jeder einzelnen* Urne statt haben.

Ganz dieselbe Erscheinung hat auch bei allen Ereignissen

Digitized by Google

der Natur statt, in welchen gewiſse constante Kräfte regelmä
ſsige Wirkungen erzeugen, die eben dadurch andere, verände
liche Einflüſse mit der Zeit überwiegen, und auf diese Wei
endlich selbst aus dem Schooſse der Unordnung Systeme en
wickeln, deren einfache Regelmäſsigkeit dann der Gegensta
unserer Bewunderung ist. Auf diese Weise scheinen alle E
eignisse in der Natur einem allgemeinen Gesetze unterworf
zu seyn, welches man das *Gesetz der groſsen Zahlen* nenn
könnte, und das man auf folgende Weise ausdrücken kar
Wenn man eine groſse Anzahl von Erscheinungen derselb
Art beobachtet, so bemerkt man endlich ein gewiſses *consta
tes Zahlenverhältniſs*, das desto früher und deutlicher herv
tritt, je beſser und unter sich gleichförmiger erstens die Beo
achtungen sind, je gröſser zweitens die Anzahl derselben i
und je kleiner endlich die Amplitüden (Abweichungen) der ei
zelnen Beobachtungen in Beziehung auf jenes constante V
hältniſs sind. Auſserdem sind die so erhaltenen Resultate
Art, daſs man aus ihrer Anzahl und aus ihrer Uebereinsti
mung unter einander auch ein gewiſses Maſs für die inn
Güte, für die Wahrscheinlichkeit derselben, so wie für
Grenzen erhalten kann, zwischen welchen diese Wahrschei
lichkeit enthalten seyn muſs. Macht man späterhin eine a
dere, wieder lange fortgesetzte Reihe von ähnlichen Beobac
tungen, und findet man, für jenes Endverhältniſs, ein ander
von dem vorhergehenden verschiedenes Resultat, so kann m
daraus mit Sicherheit schlieſsen, daſs auch die Ursachen, w
che diese Erscheinungen hervorbringen, eine Aenderung erlit
haben müſsen.

Dieses Gesetz der groſsen Zahlen findet sich nicht bl
in denjenigen Erscheinungen, die wir, aus Unkenntniſs ih
eigentlichen Ursachen, dem blinden Zufalle zuzuschreiben pf
gen, sondern auch in denjenigen, die von bereits sehr w
bekannten Kräften herrühren, auf die aber doch auch and
zufällige und unregelmäſsige Ursachen einwirken. So folg
die Ebbe und Fluth in jedem Hafen, wie die Beobachtung
zeigen, dem Gesetze der Anziehung der Sonne und des Mo
des, d. h. sie erfolgen, wenn man nur recht viele Beobac
tungen in demselben Hafen anstellt, ganz nach den Vorschr
ten der darüber aufgestellten und berechneten Theorie, so gr
und so unregelmäſsig auch der Einfluſs der Winde seyn m

die in jedem Hafen anders und oft sehr gewaltsam auf diese Erscheinungen einzuwirken scheinen. Aehnliche Resultate bieten uns auch unsere Mortalitätstafeln dar. Dieser oder jener Mensch, diese oder jene ganze Familie stirbt früher oder später, als jene Tafel verkündigt, aber der sogenannte *mittlere Mensch* behält die ihm von der Tafel angewiesene Lebensdauer bei, so lange die bisherigen Verhältnisse, unter denen er lebt, keine Aenderungen erleiden.

Demselben Gesetze der groſsen Zahlen sind aber nicht bloſs die materiellen, sondern auch die geistigen Erscheinungen in der Natur unterworfen. Dabei muſs jedoch bemerkt werden, daſs es sich in der Wahrscheinlichkeitsrechnung nicht um den letzten Grund, um das innere Wesen dieser geistigen Erscheinungen handelt, sondern daſs hier bloſs die Variation ihrer Wirkungen und die Anzahl der Beobachtungen in Betrachtung kommt, die nöthig ist, diese Variationen zwischen bestimmten Grenzen zu fixiren. Aber, wird man fragen, wie sollen sich Erscheinungen, an denen unser freier Wille und oft nur unsere Laune den gröſsten Antheil hat, bestimmten Gesetzen unterwerfen und sogar berechnen lassen? Ohne hier auf das so oft bestrittene Thema von der Freiheit des Willens, das wir Andern zu discutiren überlassen, einzugehn, wollen wir uns nur an die Thatsachen, an unleugbare Facta halten und, Individuen und individuelle Handlungen zur Seite lassend, nur groſse Gesellschaften, ganze Massen von Menschen, nicht den einzelnen Menschen selbst, betrachten. Für diese Massen aber, für ganze groſse Völkerschaften, so lehrt die Erfahrung, verschwindet die Wirkung des freien Willens beinahe gänzlich, und was davon für den Beobachter übrig bleibt, scheint rein nur der Natur, dem Klima, den bürgerlichen Einrichtungen, den erblichen Gewohnheiten, der Erziehung und den übrigen gesellschaftlichen Verhältnissen anzugehören. Wer Beweise dafür will, darf nur die Erfahrung befragen. Poisson[1] hat uns folgendes amtliche Verzeichniſs der bei dem obersten Criminal-Gerichtshof in Frankreich jährlich angeklagten und verurtheilten Verbrecher mitgetheilt.

---

[1] Comptes rendus pour l'année 1837. T. V. p. 459.

Digitized by Google

Jahr	Angeklagte	Verurtheilte	Verhältniſs der Verurtheilten zu den Angeklagten
1825	6652	4037	0,61
1826	6988	4348	0,62
1827	6929	4236	0,61
1828	7396	4551	0,61
1829	7373	4475	0,60
1830	6962	4136	0,59

Welche Uebereinstimmung unter den Zahlen der letzten lumne! Und sie wird nicht bloſs, vielleicht zufällig, für j Land gefunden, da wir für Belgien, England, Baden, d für alle diejenigen Länder schon ähnliche Resultate besitzen welchen die Verhandlungen der Criminaljustiz öffentlich kannt gemacht werden. So gab Poisson für England, el falls aus amtlichen Mittheilungen, folgende Tabelle.

Jahr	Angeklagte	Verurtheilte	Verhältniſs der Verurtheilten zu den Angeklagten
1832	20829	14947	0,72
1833	20072	14446	0,72
1834	22451	15995	0,71
1835	20731	14729	0,71
1836	20984	14771	0,70

Man hat so oft schon nach den Ursachen gefragt, welche j lich so viele Unglückliche unter uns den peinlichen Geric überliefert haben, um daraus die Mittel abzuleiten, dieses U wenn nicht ganz von uns zu entfernen, doch wenigstens so als möglich zu vermindern. Man hat den Mangel an Erzieh an Religion, an guten Beispielen, an Mitteln zum Lebens terhalte u. dgl. als die Ursachen jener jeden Menschenfreun tief betrübenden Erscheinung angeklagt. Und wer wird zwei daſs diese Ursachen in der That ganz vorzüglich wirksam gew sind, um so viele Hunderte jährlich in Europa vor die R terbank und selbst auf das Blutgerüst zu führen? Aber giebt vielleicht auch noch einige andere Einflüsse, an die bisher noch gar nicht gedacht hat. Wem ist es z. B. wohl

Digitized by Google

gefallen zu glauben, daſs die gröſsere oder kleinere Anzahl der Verbrecher eines Landes auch von dem mehr oder weniger vorgerückten *Alter* derselben abhängig sey? Folgende Tabelle hat uns Quetelet in seinem vortrefflichen Werke „über den Menschen" gegeben. Sie stellt die vor den Criminalgerichten in Frankreich jährlich Angeklagten nach ihren Lebensjahren zusammen.

Alter Von	1826	1827	1828	1829	1830	1831	1832	1833	1834	1835
16 bis 21	1100	1020	1280	1160	1120	1220	1130	1240	1140	1230
21 – 25	1160	1090	1170	1180	1120	1230	1230	1170	1090	1150
25 – 30	1300	1290	1400	1280	1224	1410	1470	1280	1140	1300
30 – 35	930	970	1000	1140	1124	1280	1350	1120	1020	1060
35 – 40	640	660	680	730	680	780	940	840	812	870
50 – 55	260	280	280	280	300	290	350	310	270	260
60 – 65	130	150	140	120	90	110	150	110	110	110
70 – 75	20	25	28	30	25	19	24	24	19	25

Das Maximum des Hanges zu Verbrechen zeigt sich in dieser Tafel in jedem einzelnen von den zehn angeführten Jahren durchgehends gegen das 25ste Lebensjahr. Aber auch für jedes andere Alter sind die ihm entsprechenden Zahlen von einer sehr auffallenden Gleichförmigkeit, und ich zweifle sehr, daſs man in einer Stadt oder Provinz, die nahe an 7000 Sterbefälle im Jahre zählt, eine Mortalität finden wird, die sich auf eine mehr regelmäſsige Weise gestaltet. Die vorhergehende Tafel zeigt, daſs man mit Hülfe derselben die Zahl der Criminalfälle Frankreichs für die nächstfolgenden Jahre mit einer Genauigkeit voraussagen kann, die z. B. für die Angeklagten zwischen 21 bis 25 Jahren bis auf 20 Personen, d. h. bis nahe auf den 60sten Theil der ganzen jährlichen Anzahl dieser Unglücklichen richtig seyn wird. Für Belgien und das Groſsherzogthum Baden hat Quetelet sehr nahe dieselben Resultate gefunden, und er ist dadurch auf die betrübende Bemerkung geführt worden, daſs es in jedem Staate kein anderes jährliches Budget gebe, das mit so schaudervoller Regelmäſsigkeit innegehalten wird, als das Budget der Gefängnisse und der Hochgerichte. Wir wenden mit Schmerz unsere Augen von einem so entsetzlichen Schauspiele ab, das uns anfangs ganz unglaublich, ja unmöglich erscheint. Aber hier sind Thatsachen, die für sich selbst spre-

Digitized by Google

chen und ſo laut ſprechen, daſs man ſich vielmehr verwun ſollte, wie ihre Stimme ſo lange ſchon überhört werden ko Wir wenden unſere Augen auch mit Ekel und Schauder dem Anatomen ab, der mit ſeinem blutbefleckten Meſſer in menſchlichen Eingeweiden wühlt, aber werden wir ihn des von ſeinen nützlichen Arbeiten abhalten oder gar verwüns wollen? Käme es nur auf die Befriedigung einer eitlen gierde an, ſo würden wir die Erſten ſeyn, ſolche unfruch und betrübende Unterſuchungen zu verlaſſen, aber wenn Anatom uns durch dieſelben, durch ſeine Zergliederung Todten Mittel giebt, die Wunden der Lebenden zu heilen ſie ſelbſt vor einem frühen Tode zu bewahren, ſo w wir ihn und ſeine beſchwerlichen, aber menſchenfreundli Arbeiten preiſen und die Früchte ſeiner Bemühungen dar hinnehmen.

Wenn es alſo in der That ein ſo ſchaudervolles B giebt, und die Exiſtenz deſſelben iſt nicht weiter zu leu ſo müſſen wir es, vor allen anderen, zu *reduciren* su Dieſe Reduction aber iſt glücklicher Weiſe in unſerer H Wir ſehen, daſs in jedem Jahre daſſelbe Land dieſelben brechen in derſelben Ordnung und Anzahl wiederholt, und ihnen auch dieſelben Strafen in demſelben Verhältniſſe fo Dieſes ſoll uns aber nicht, wie Manche vielleicht wähnen einem ſtarren Fatalismus führen, ſo wenig, als eine a längſt ſchon bekannte und ganz ähnliche Erfahrung, da jedem Lande die meiſten Verbrecher immer in denjenigen ſen des Volkes angetroffen werden, in welchen die Erzie der künftigen Generation am meiſten vernachläſſigt wird. aus folgt nur, daſs wir uns beſtreben ſollen, jenen Volks ſen fernerhin eine beſſere Erziehung zukommen zu la Und ganz ebenſo folgt auch aus jenen Thatſachen, daſs es ſere und beſonders unſerer Machthaber wichtigſte Pflicht alle die Mittel aufzuſuchen und in Thätigkeit zu ſetzen, che die Reduction jenes entſetzlichen Budgets bewirken nen. Dieſe Mittel ſind aber, wie geſagt, in *unſerer Ge* Die erſtaunenswürdige Regelmäſsigkeit in der jährlich wie kommenden Anzahl von Verbrechen eines Landes hat näm darin ihren Grund, daſs während dieſer Zeit das Volk d Landes, ſeine Sitten, Geſetze, Gewohnheiten u. ſ. w. nicht geändert haben. So lange aber dieſelben Urſa

fortbestehn, müssen auch, in der physischen, wie in der moralischen Welt, dieselben Folgen eintreten. Wir werden daher nur die ersten gehörig ändern dürfen, um sofort auch die zweiten zu verbessern. Auf diese Weise betrachtet wird dann jenes allgemeine Gesetz der Nothwendigkeit, nach welchem der innere freie Wille des Einzelnen, so fest er auch für sich selbst bestehn mag, in der groſsen Masse des Volkes, das gleichsam nur mechanisch dem äuſsern Impulse folgt, verschwindet, dieses auf den ersten Blick Schauder und Abscheu erregende Gesetz wird, näher betrachtet, eine sehr tröstende Erscheinung, da in ihm allein das einzig mögliche Pfand der Verbesserung der menschlichen Gesellschaft im Groſsen liegt. Wäre dieser Zusammenhang zwischen Ursachen und Wirkung, den wir überall in der materiellen Welt bemerken, nicht auch in der moralischen zu treffen, sondern sollte hier Alles nur durch Laune und Zufall entstehn, dann erst würden alle Verbesserungen unmöglich, alle Gesetze erfolglos und die ganze Menschheit der Verzweiflung überlassen seyn.

Auch von dieser Einwirkung der veränderten Institutionen eines Landes auf die jährliche Anzahl der Verbrechen hat uns Poisson[1] ein auffallendes Beispiel gegeben. Während der Jahre 1825 bis 1830 erfolgten, den Gesetzen gemäſs, die Entscheidungen der Geschwornengerichte in Frankreich nach der Majorität von 7 gegen 5 Stimmen, oder der Angeklagte wurde verurtheilt, wenn von den 12 Geschwornen 7 für die Strafe stimmten. Aus einer sehr groſsen Anzahl dieser Unglücklichen fand Poisson für diese fünf Jahre das Verhältniſs

$$\frac{\text{Verurtheilte}}{\text{Angeklagte}} = \frac{61}{100} = 0{,}61.$$

Im Jahre 1830 wurde bekanntlich die Regierung dieses Landes geändert, und zugleich im folgenden jenes Gesetz dahin abgeändert, daſs die Verurtheilung nach der Majorität von 8 gegen 4 erfolgen sollte. Sofort wurde für dieses Jahr auch jenes Verhältniſs geändert und gleich

$$\frac{54}{100} = 0{,}54$$

gefunden, so daſs also die Verurtheilungen dadurch *seltner* wur-

---

[1] Comtes rendus. T. I. p. 473.

den. Weiter wurde in dem nächſtfolgenden Jahre 1832 v die Majorität von 8 gegen 4 beibehalten, aber auch zugl gesetzlich vorgeſchrieben, daſs die Geschwornen auf die ı dernden Umstände besondere Rücksicht nehmen sollten. D letzte Einrichtung muſste eine Linderung der Strafen, also ı eine gröſsere Leichtigkeit der Verurtheilungen zur Folge ha In der That fand sich auch jenes Verhältniſs

in dem Jahre	1832 ..	gleich	0,59
	1833 ..	—	0,59
	1834 ..	—	0,60.

Diese Zahlen, so wie die der vorhergehenden zwei ersten feln, zeigen zugleich die bewunderungswürdige Uebereinst mung der Resultate für die einzelnen Jahre, so daſs man s(aus einem oder zwei derselben mit einer Sicherheit auf folgenden schlieſsen kann, die bei unseren Mortalitätsli kaum aus zehn oder mehr Jahren folgen würde.

Aber nicht bloſs in diesen Beziehungen, die, der al meinen Meinung nach, so sehr von dem freien Willen einzelnen Individuen abhängig sind, scheint diese Indivi lität, wenn sie auf ganze Volksmassen übergetragen wird, g lich zu verschwinden, sondern dasselbe ist selbst noch bei nen Ereignissen der Fall, die, wie man bisher glaubte, und gar dem Zufalle und der Laune eines jeden Einze überlassen sind. Die jährlichen *Ehen* z. B. geben eben sc constante Zahlen, so daſs es scheint, als würde in je Lande jährlich dieselbe Menge, mit oder gegen ihren Wi zur Schlieſsung dieses Bündnisses von irgend einer unsich ren Macht getrieben, deren Zweck es ist, die Population Landes auf einem bestimmten Standpuncte zu erhalten. Frankreich hat z. B. das *Annuaire du Bureau des Longit* folgende Tabelle gegeben.

Digitized by Google

Jahre	Ehen	Abweichung vom Mittel
1826	247200	0,03 des Ganzen
1827	255700	0,00
1828	246800	0,04
1829	248800	0,03
1830	270900	0,06
1831	236400	0,04
1832	242000	0,05
1833	264100	0,03
1834	271200	0,06
1835	275000	0,08
Mittel	255800	

ſo daſs alſo die Abweichungen der jährlichen Zahlen von ihrem Mittel im Allgemeinen nur $\frac{4}{100}$ des Ganzen betragen.

Wer wollte es leugnen, daſs unſer Wille bei der Zeugung eine Hauptrolle ſpiele, beſonders bei der *auſserehelichen*, bei der man gleichſam in eine feindliche Stellung gegen unſere bürgerlichen und religiöſen Einrichtungen tritt und bloſs ſeinem Hange oder ſeinem Gutdünken folgt? Aber auch dieſe auſſerehelichen Geburten ſind in jedem Lande und zu jeder Zeit an ſolche conſtante Zahlenverhältniſſe gebunden, wie folgende ebenfalls dem erwähnten *Annuaire* entnommene Tabelle für Frankreich zeigt.

Jahre	Auſsereheliche Geburten	Abweichung vom Mittel
1826	72470	0,02 des Ganzen
1827	70770	0,01
1828	70700	0,01
1829	69350	0,02
1830	69250	0,03
1831	71410	0,00
1832	67670	0,05
1833	71500	0,00
1834	73560	0,03
1835	74730	0,05
Mittel	71140	

Digitized by Google

so daſs also hier die Abweichungen der jährlichen Zahlen ihrem Mittel im Allgemeinen nur den $\frac{2}{100}$ des Ganzen b gen, also jene doppelt so regelmäſsig sind, als die Zahle geschlossenen Ehen. Welche Kraft ist es aber, die die schen treibt, ihr Geschlecht sowohl in als auch auſse Ehe auf eine so wunderbar regelmäſsige Art zu erha Diese Kraft ist uns unbekannt, aber ihre Existenz kann solchen Thatsachen nicht weiter bestritten werden, so w zugleich offenbar ist, daſs das Gesetz, nach welchem unsichtbare Kraft wirkt, das oben erwähnte *Gesetz der gr Zahlen* ist.

Man sollte kaum glauben, daſs es noch andere Ers nungen gebe, die uns noch mehr willkürlich und zufälli scheinen, als die eben angeführten, und die dessenunge demselben Gesetze unterworfen sind. Jeder bedient sich Briefpost, wie er es eben für gut findet; jeder schreibt an Freunde, wie und wann er will. Und doch hat man ge den, daſs in Paris, so wie auch in London, die Zahl de die Post gegebenen Briefe jährlich fast genau dieselbe ist, regelmäſsig der oder jener Monat eine bestimmte Anzahl Briefe liefert, als ein anderer, ja daſs sogar die Zahl der gen Briefe, welche wegen ungenügender oder unles Adressen auf dem Postamte zurückgelegt werden müssen jedem Jahre nahe dieselbe bleibt. Es kann daher weiter nem Zweifel mehr unterworfen seyn, daſs, bei jeder län Reihe von Ereignissen derselben Art, die Wirkung de gelmäſsigen und constanten Ursachen über die der unr mäſsigen ein Uebergewicht erhalte und für uns desto hervortrete, je gröſser diese Reihe von Beobachtungen u besser jede einzelne dieser Beobachtungen selbst ist.

Gehen wir nun zu der analytischen Anwendung d Bemerkungen auf Beobachtungen und Experimente über.

II. Elemente der Theorie der kleinsten Quadrate.

Wenn man von irgend einer durch Beobachtungen zu stimmenden Gröſse, z. B. von der Polhöhe eines Ortes, gröſsere Anzahl von Beobachtungen hat, die man alle einander für gleich gut zu halten veranlaſst ist, so werden

die so erhaltenen Polhöhen unter sich noch etwas verschieden
seyn, und man wird, auf den ersten Blick, nicht wissen, wel-
her von ihnen man den Vorzug geben soll. Bei einer nähern
Ansicht aber wird man sehen, daſs gewisse Zahlen öſter vor-
ommen, als die übrigen, daſs sich diese übrigen in kleinern
der gröſsern Distanzen um jene ersten lagern und anordnen,
und daſs endlich auch von diesen übrigen Zahlen diejenigen,
welche in kleinern Distanzen von jenen ersten abstehn, im
Allgemeinen zahlreicher sind, als die weiter von jenen ersten
ntfernten Zahlen. Das Einfachste würde seyn, wenn man von
llen diesen Zahlen (die von jenen ersten zu weit entfernten
twa ausgenommen) das sogenannte *arithmetische Mittel* nähme
und dieses Mittel für die zu suchende *wahre Zahl* gelten lieſse.
In der That wird, wie jede einzelne Beobachtung, so auch diese
gleichsam *mittlere Beobachtung* im Allgemeinen noch immer
ehlerhaft seyn; aber der Fehler der mittlern Beobachtung wird
ller Wahrscheinlichkeit nach viel kleiner, als jene einzelnen
Fehler seyn, weil auf ihn jene oben erwähnten ersten, und die
diesen ersten nächsten Zahlen vorzugsweise, und zwar auf eine
sehr vortheilhafte Weise einwirken müssen, da die einzelnen
Beobachtungszahlen von jenen ersten Zahlen nach verschiedenen
Seiten abweichen, bald gröſser und bald wieder kleiner seyn
werden, als diese, so daſs also ihre Differenzen von diesen ersten
Zahlen sich gegenseitig, wenigstens gröſstentheils, aufheben
müssen.

Wie soll man aber zu der Kenntniſs der Gröſse dieser
Fehler, der einzelnen Beobachtungen sowohl, als auch jenes arith-
metischen Mittels aus allen Beobachtungen, gelangen? Oder
wenn man die absolute Gröſse dieser Fehler, also auch die
Wahrheit selbst nicht unmittelbar angeben kann, wie soll man
wenigstens zu irgend einer bestimmten *Schätzung der Wahr-
scheinlichkeit*, der Annäherung zur Wahrheit, gelangen, deren
sich diese einzelnen Beobachtungen, so wie auch ihr arithme-
tisches Mittel, erfreuen?

Bezeichnen wir die Wahrscheinlichkeit, daſs der Fehler
irgend einer ersten Beobachtung gleich x sey, durch φx, so
daſs also auch $\varphi x'$, $\varphi x''$, $\varphi x'''$ .... die Wahrscheinlichkeit
ausdrückt, daſs der Fehler der 2ten, 3ten, 4ten... Beobach-
tung gleich x', x'', x''' .... sey u. s. f.

Dieses vorausgesetzt wird die (zusammengesetzte) Wahr-

scheinlichkeit, daſs aus den beiden ersten Beobachtunge Fehler x und x′ zusammentreffen, (nach der ersten Abthe Nr. IV) gleich dem Producte

$$\varphi x . \varphi x'$$

seyn, und ebenso wird die Wahrscheinlichkeit, daſs i drei ersten Beobachtungen die Fehler x, x′ und x″ zusam treffen, gleich

$$\varphi x . \varphi x' . \varphi x''$$

seyn u. s. f. Also auch allgemein: die Wahrscheinlic daſs in der ganzen Reihe von Beobachtungen für jede ei Beobachtung die Fehler x, x′, x″, x‴... zusammentı wird gleich

$$W = \varphi x . \varphi x' . \varphi x'' . \varphi x''' \ldots\ldots (A)$$

seyn.

Betrachten wir nun zuerst diese Function φx der Grö etwas näher. Obschon uns die Form dieser Function ganz unbekannt ist, so läſst sich doch aus der Natu Gegenstandes manche allgemeine Eigenschaft derselben jetzt ergeben. Erstens wird nämlich φx desto kleiner se gröſser x ist, und umgekehrt, weil die kleinern Fehler Allgemeinen öfter vorkommen, also wahrscheinlicher seyn den, als die groſsen. Zweitens wird diese Wahrscheinli φx ein Minimum und zwar gleich Null seyn, wenn der x selbst ein Maximum ist, und umgekehrt. Endlich drittens diese Function φx für gleiche, aber in ihren Zeichen entg gesetzte Werthe von x auch gleiche Werthe haben müss es, wenn man irgend eine Gröſse z. B. um x Secunden lerhaft beobachten kann, gleich wahrscheinlich ist, Gröſse um x Secunden zu groſs oder auch um ebensovi klein zu beobachten. Diesem gemäſs wird also auch die W scheinlichkeit, daſs der Fehler der ersten Beobachtung zwi den unendlich nahen Grenzen x und $x + \partial x$ liege, nach selben Grundsatze gleich

$$\varphi x . \partial x$$

seyn, wo ∂x das gewöhnliche Differential der Gröſse x zeichnet. Demnach wird also auch, dem Geiste der Int rechnung zufolge, die Wahrscheinlichkeit, daſs der Fehle ersten Beobachtung zwischen den beiden Grenzen a und b gleich dem bestimmten Integral des Ausdrucks $\varphi x . \partial x$ zwi diesen Grenzen, oder gleich

Digitized by Google

$$\int_a^b \varphi x . \partial x$$

seyn, und dieses Integral, von dem gröſsten negativen Werthe von x bis zu dem gröſsten positiven Werthe von x (oder allgemein von $x = -\infty$ bis $x = +\infty$) genommen, wird gleich der *Einheit* seyn, wenn nämlich, nach dem Vorhergehenden (erste Abtheilung Nr. I), die Einheit als das Symbol der Gewiſsheit angenommen wird.

Um nun diese Function φx in Beziehung auf ihre Form näher kennen zu lernen, wollen wir

$$\frac{\partial . \varphi x}{\varphi x} = \varphi' x . \partial x \ldots (B)$$

setzen und die Gröſse $\varphi' x$ suchen. Nehmen wir an, man hätte für die auf einander folgenden Werthe von x in einer Reihe von Beobachtungen die Gröſsen a, a′, a″ ... gefunden. Sey n die Anzahl dieser Beobachtungen und

$$\psi = \frac{1}{n} (a + a' + a'' + \ldots),$$

also auch

$$0 = a + a' + a'' + \ldots - n\psi$$

oder

$$0 = (a - \psi) + (a' - \psi) + (a'' - \psi) + \ldots$$

und daher auch

$$0 = \varphi' (a - \psi) + \varphi' (a' - \psi) + \varphi' (a'' - \psi) + \ldots$$

Setzt man nun alle diese Werthe a′, a″, a‴ ... unter sich gleich, und zwar

$$a' = a'' = a''' \ldots = a - bn,$$

so erhält man

$$\psi = \frac{1}{n}\Big[a + (a - bn) + (a - bn) + (a - bn) + \ldots\Big]$$

oder, was dasselbe ist,

$$\psi = \frac{1}{n}\Big[\, an - bn(n-1) \,\Big] = a - b(n-1),$$

so daſs also die vorhergehende Gleichung in folgende übergeht:

$$\begin{aligned} 0 = {} & \varphi'[a - a + b(n-1)] \\ & + \varphi'[a - bn - a + b(n-1)] \\ & + \varphi'[a - bn - a + b(n-1)] \\ & + \varphi'[a - bn - a + b(n-1)] + \ldots \end{aligned}$$

Digitized by Google

Dieſe Gleichung läſst ſich auch ſo ausdrücken:

$$0 = \varphi'.b(n-1) + \varphi'.(-b) + \varphi'.(-b) + \varphi'.(-b) +$$

oder endlich auch ſo:

$$0 = \varphi'.b(n-1) + (n-1).\varphi'.(-b).$$

Setzt man in der letzten Gleichung für b die Gröſ
und für n nach und nach die natürlichen Zahlen 2, 3, 4
ſo erhält man

$$0 = \varphi'.x + \varphi'.(-x)$$
$$0 = \varphi'.2x + 2\varphi'.(-x)$$
$$0 = \varphi'.3x + 3\varphi'.(-x) \text{ u. s. f.}$$

und daraus folgt, daſs die Gröſse $\varphi'x$ gleich dem Prod
einer beſtändigen Gröſse k in die Gröſse x ſelbſt ſeyn n
oder daſs man hat

$$\varphi'x = kx.$$

Subſtituirt man aber dieſen Werth von $\varphi'x$ in der
gen Gleichung (B), ſo erhält man

$$\frac{\partial.\varphi x}{\partial x} = kx\partial x$$

oder, wenn man die natürlichen Logarithmen nimmt,

$$\text{Log. } \varphi x = \tfrac{1}{2}kx^2 + \text{Log. } C,$$

wo C eine Conſtante bezeichnet. Iſt aber e die Baſis der
türlichen Logarithmen und ſetzt man der gröſsern Einfach
wegen die Conſtante $k = -2h^2$, ſo geht die letzte Gleich
in folgende über:

$$\varphi x = C.e^{-h^2x^2} \ldots (C)$$

und iſt daher auch

$$\int \varphi x.\partial x = C.\int e^{-h^2x^2}\partial x.$$

Um in dieſer Gleichung die Conſtante C der Integra
zu beſtimmen, ſo iſt nach dem oben Geſagten

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi x.\partial x = 1.$$

Allein das Integral

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-h^2x^2}\partial x$$

zwiſchen denſelben Grenzen, nämlich zwiſchen $x = -\infty$ u
$x = +\infty$ genommen, iſt bekanntlich gleich

Digitized by Google

$$\frac{1}{h} \cdot \sqrt{\pi},$$

wo π die bekannte Ludolph'sche Zahl 3,14159.. bezeichnet, und damit giebt die letzte Gleichung

$$1 = \frac{C}{h} \cdot \sqrt{\pi} \text{ oder } C = \frac{h}{\sqrt{\pi}},$$

so daſs also die Gleichung (C) in die folgende übergeht:

$$\varphi x = \frac{h}{\sqrt{\pi}}\, e^{-h^2 x^2} \quad \ldots (D)$$

wodurch daher die gesuchte Function φx bestimmt worden ist. Diese Gleichung (D) sagt, daſs der wahrscheinlichste Werth der Gröſse x oder daſs der wahrscheinlichste Fehler x derjenige ist, für welchen die Summe der Quadrate der Differenzen zwischen diesem wahrscheinlichsten Fehler und den Fehlern der einzelnen Beobachtungen ein Minimum ist. Demnach wird die obige Gleichung (A) in die folgende übergehen:

$$W = \left(\frac{h}{\sqrt{\pi}}\right)^n . e^{-h^2(x^2 + x'^2 + x''^2 + \ldots)},$$

wo also W die Wahrscheinlichkeit ausdrückt, daſs die Fehler der einzelnen Beobachtungen nach der Ordnung gleich $x, x', x'' \ldots$ sind.

Dieses vorausgesetzt sey nun durch Beobachtungen irgend einer Art eine Anzahl Gleichungen von folgender Form gegeben:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon &= m + ax + by + cz + \ldots \\ \varepsilon' &= m' + a'x + b'y + c'z + \ldots \\ \varepsilon'' &= m'' + a''x + b''y + c''z + \ldots \end{aligned}\right\} \ldots (E)$$

wo die Anzahl dieser Gleichungen gröſser seyn soll, als die Anzahl der unbekannten Gröſsen x, y, z...., von welchen letztern nur ihre wahrscheinlichsten Werthe zu finden sind. In diesen Gleichungen bezeichnen m, a, b, c.., so wie m′, a′, b′, c′.. u. s. w. bekannte oder gegebene Gröſsen. Die Gröſsen $\varepsilon, \varepsilon', \varepsilon''$.. aber sollten eigentlich alle gleich Null seyn, wenn nämlich die Beobachtungen, die jenen Gleichungen zu Grunde liegen, alle streng richtig wären. Da dieses aber im Allgemeinen bei keiner Beobachtung der Fall ist, so werden diese Gröſsen $\varepsilon, \varepsilon', \varepsilon''$... hier zwar im Allgemeinen nur kleine Gröſsen seyn, durch welche die *Fehler* der einzelnen Beobachtungen bezeichnet werden. Nach dem Vorhergehenden wird aber die vortheilhafteste Bestimmung der Gröſsen x, y, z.. diejenige seyn, für welche die Summe

$$\varepsilon^2 + \varepsilon'^2 + \varepsilon''^2 + \ldots = \Sigma . \varepsilon^2$$

Digitized by Google

der Quadrate dieſer Beobachtungsfehler $\varepsilon, \varepsilon', \varepsilon''$.. ein Minim
für welche alſo das Differential

$$\partial . \Sigma . \varepsilon^2 = 0$$

iſt. Da jedoch die Gröſsen $\varepsilon, \varepsilon', \varepsilon''$... hier als Functionen
allen den unbekannten Gröſsen x, y, z.. auftreten, und
überdieſs dieſe Gröſsen x, y, z.. im Allgemeinen von eina
ganz unabhängig ſind, ſo iſt die letzte Gleichung allen
folgenden gleichgeltend:

$$\left.\begin{aligned} \left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial x}\right) &= 0 \\ \left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial y}\right) &= 0 \\ \left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial z}\right) &= 0 \end{aligned}\right\} \quad \ldots (F)$$

u. ſ. w.

und da dieſer Gleichungen genau ebenſo viele ſind, als
unbekannte Gröſsen x, y, z... hat, ſo wird man aus di
Gleichungen (F) die geſuchten wahrſcheinlichſten Werthe
x, y, z... auf dem bekannten Wege der Elimination beſtim
und dadurch die hier gegebene Aufgabe aufgelöſt haben.

Sucht man nun aus den obigen Gleichungen (E)
Summe $\Sigma . \varepsilon^2 = \varepsilon^2 + \varepsilon'^2 + \varepsilon''^2 + \ldots$ und hebt dabei zuerſt
die in x multiplicirten Glieder aus, ſo erhält man

$$\left.\begin{aligned} & m^2 + a^2x^2 + 2amx + 2abxy + 2acxz + .. \\ & + m'^2 + a'^2x'^2 + 2a'm'x + 2a'b'xy + 2a'c'xz + .. \\ & + m''^2 + a''^2x^2 + 2a''m''x + 2a''b''xy + 2a''c''xz + .. \end{aligned}\right\}$$

oder auch, wenn man der Kürze wegen
$\int a^2 = a^2 + a'^2 + a''^2 + \ldots; \int ab = ab + a'b' + a''b'' + \ldots$ ſe

$$\int m^2 + x^2 \int a^2 + 2x \int am + 2xy \int ab + 2xz \int ac + \ldots$$

und davon iſt das in Beziehung auf x genommene und gl
Null geſetzte Differential

$$\left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial x}\right) = 0 \text{ oder } 0 = \int am + x \int aa + y \int ab + z \int ac + \ldots$$

und ganz eben ſo findet man auch

$$\left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial y}\right) = 0 \text{ oder } 0 = \int bm + x \int ba + y \int bb + z \int bc + \ldots \quad (G).$$

$$\left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial z}\right) = 0 \text{ oder } 0 = \int cm + x \int ca + y \int cb + z \int cc + \ldots$$

u. ſ. w.

Digitized by Google

und dieses sind daher die gesuchten Gleichungen, aus welchen man die wahrscheinlichsten Werthe von x, y, z... durch Elimination finden wird.

Indem wir nun zu den Anwendungen dieser allgemeinen Vorschriften übergehen, ist es unsere Absicht, die Sache für den *praktischen Gebrauch* gleich so zu stellen, daſs man sie, wie z. B. die bekannten und tabellarisch zusammengestellten Formeln der sphärischen Trigonometrie, für jeden vorliegenden speciellen Fall hier nehmen und unmittelbar anwenden kann [1].

III. Bestimmung einer einzelnen Beobachtungsgröſse.

Betrachten wir zuerst den einfachen Fall, wo man durch wiederholte Beobachtungen eine einzige bestimmte Gröſse sucht, z. B. die Polhöhe eines Ortes, die Rectascension eines Gestirns, die Ausdehnung eines gegebenen Körpers durch die Wärme u. dgl.

Seyen x, x_1, x_2... die durch diese einzelnen Beobachtungen unmittelbar erhaltenen Gröſsen. Sind diese Beobachtungen alle von gleichem Werthe, so daſs man in Beziehung auf ihre Güte und Genauigkeit keinen weitern Unterschied unter ihnen machen kann, so ist der wahrscheinlichste Werth dieser Gröſsen, den wir durch X bezeichnen wollen, gleich dem *arithmetischen Mittel* derselben, oder es ist

---

1 Die Beweise der aufgestellten Formeln würden zu viel Raum für einen einzelnen Artikel einnehmen, daher wir für diese Beweise auf die folgenden Quellen verweisen, in welchen sich die Gründe für die hier angezeigten Verfahren umständlich auseinandergesetzt finden werden. Gauss Theoria motus cet. Lib. II. Sect. III. Desselben Aufsatz in Lindenau's Zeitschrift für Astronomie Bd. I. S. 185; desselben Disquisitio de elementis Palladis in den Comment. Goetting. Vol. I. 1808—1811; desselben Theoria combinationis observationum erroribus minimis obnoxiae in den Comment. Götting. von den Jahren 1821—1823 Vol. I et II. mit dessen Supplementum, Götting. 1828 zu der letztgenannten Abhandlung. Laplace Théorie analytique de la probabilité. Legendre, nouvelle méthode pour la détermination des orbites des comètes. Paris 1806. Paucker, über die Anwendung der Methode der kleinsten Quadratsumme. Mitau 1819. Encke, Berliner astronomisches Jahrbuch für 1834. Seite 249 u. f.

Digitized by Google

$$X = \frac{x + x_1 + x_2 + x_3 + \ldots}{N} = \frac{1}{N} . \Sigma . x$$

wenn N die Anzahl der Beobachtungen bezeichnet. Es sey ε der Unterschied zwischen diesem wahrscheinlichsten W X unserer Gröſsen und zwischen dem unmittelbaren Resu x der ersten Beobachtung, oder es sey

$$\varepsilon = X - x,$$

und ebenso habe man auch

für die zweite Beobachtung... $\varepsilon_1 = X - x_1$
für die dritte - ... $\varepsilon_2 = X - x_2$
für die vierte - ... $\varepsilon_3 = X - x_3$ u. s.

1) Man kann diese Gröſsen $\varepsilon, \varepsilon_1, \varepsilon_2$.. als die Fehler einzelnen Beobachtungen ansehn. Bezeichnet man dann wi der Kürze wegen die Summe der Quadrate $\varepsilon^2, \varepsilon_1^2, \varepsilon_2^2, \varepsilon_3$ durch $\Sigma . \varepsilon^2$, so daſs man hat

$$\Sigma . \varepsilon^2 = \varepsilon^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \ldots,$$

so heiſst die Gröſse

$$P = \frac{N^2}{2 \Sigma . \varepsilon^2}$$

das *Gewicht* (*Pondus*) jener Bestimmung von X oder Gewicht dieses wahrscheinlichsten Werthes X von allen Gröſsen x, x_1, x_2 u. s. f. Man sieht schon aus dem blo Anblicke dieses Ausdrucks von P, daſs dieses Gewicht d gröſser seyn wird, je gröſser erstens die Anzahl der Beoba tungen ist, und je kleiner zweitens die Fehler $\varepsilon, \varepsilon_1, \varepsilon_2$.. einzelnen Beobachtungen, d. h. je genauer diese Beobachtun selbst seyn werden, wie dieses der Natur der Sache vollkom gemäſs ist.

2) Es sey nun F der *wahrscheinliche Fehler*, den n bei dieser Bestimmung von X begangen hat. Dieser Fehler derjenige, von dem es gleich wahrscheinlich ist, ihn began oder auch ihn nicht begangen zu haben. Für diesen wa scheinlichsten Fehler hat man den Ausdruck

$$F = \frac{0{,}4769363}{\sqrt{P}}.$$

Wollte man nämlich das Gewicht P als Einheit annehmen, würde der wahrscheinliche Fehler F, wie diese Gleichung zei constant und gleich 0,4769363 oder nahe gleich $\frac{1}{2}$, d. h. na gleich der Hälfte des Gewichts seyn. Wir werden weiter u

Digitized by Google

man aus der ersten der dort anzuführenden Tafeln sehen, daſs die Wahrscheinlichkeit, daſs der Fehler F zwischen den beiden Grenzen $\pm \frac{0{,}4769363}{\sqrt{P}}$ liege, gleich $\frac{1}{2}$, also auch gleich dem Gegentheile ist, oder daſs man 1 gegen 1 wetten kann, daſs der Fehler F zwischen diesen beiden Grenzen liege.

3) Es giebt aber noch einen andern hier zu betrachtenden Fehler, den wir durch Φ bezeichnen und den *mittleren* Fehler nennen wollen. Dieser mittlere Fehler ist die Summe der Producte jedes Fehlers der einzelnen Beobachtungen in seine Wahrscheinlichkeit. Dieser mittlere Fehler Φ, den man bei der obigen Bestimmung von X begangen hat, wird durch den Ausdruck dargestellt

$$\Phi = \frac{1}{2\sqrt{\pi P}} = \frac{0{,}282095}{\sqrt{P}},$$

wo $\pi = 3{,}14159\,..$ die Ludolph'sche Zahl bezeichnet. Diese beiden Fehler haben also zu einander ein constantes Verhältniſs, und es ist

$$\Phi = 0{,}59147\ \mathrm{F} \text{ oder } \mathrm{F} = 1{,}69069\ \Phi.$$

4) Diese beiden Fehler F und Φ beziehen sich auf das Resultat X, welches letzte man z. B. durch Hülfe des arithmetischen Mittels aus den einzelnen Beobachtungen erhalten hat. Allein wie F der wahrscheinliche Fehler dieses Resultats X aus allen Beobachtungen ist, so könnte man auch nach dem wahrscheinlichen Fehler f einer jeden einzelnen dieser Beobachtungen selbst fragen. Die folgende Formel giebt diesen *wahrscheinlichen Fehler jeder einzelnen Beobachtung*

$$f = 0{,}4769363 \sqrt{\frac{N}{P}}$$

oder auch

$$f = F \, . \sqrt{N},$$

wo wegen des Wurzelzeichens die Gröſse f immer mit dem doppelten Zeichen $\pm$ verstanden wird.

Dieses ist also der wahrscheinlichste Fehler jeder einzelnen Beobachtung. Allein der *wirklich statt habende Fehler* jeder Beobachtung wird, der Natur der Sache nach, gröſser oder auch kleiner seyn können. Wenn z. B. der wahrscheinlichste Fehler einer beobachteten Polhöhe $f = \pm 3$ Secunden ist, so wird der wirklich statthabende Fehler dieser Beobachtung vielleicht

4 oder auch 5 Secunden seyn können, aber nicht leicht wi z. B. auf 10 Secunden steigen, und ganz unwahrscheinlic völlig unmöglich wird es uns gleich bei dem ersten Anl dieser Reihe von Beobachtungen erscheinen, daſs der I von irgend einer derselben eine ganze Minute oder noch betrage. Kurz, der wirklich statt habende Fehler jeder einz Beobachtung wird wohl gröſser als f seyn können, ab wird doch zwischen gewissen Grenzen zu beiden Seiten Gröſse f eingeschlossen seyn, über die er nicht heraus kann. Auch diese *Grenzen des wirklich statt habenden lers* jeder einzelnen Beobachtung giebt die Wahrscheinlichk rechnung an; diese Grenzen sind nämlich

$$f.\left(1+\frac{0,4769363}{\sqrt{N}}\right) \text{ oder auch } F.(0,4769363+\sqrt{N}$$

wo wieder $\sqrt{N}$ mit den doppelten Zeichen genommen we muſs. Dieser letzte Ausdruck ist also so zu verstehen, daſ wirklich statt habende Fehler jeder einzelnen Beobachtung schen die beiden Grenzen

$$F(0,4769363+\sqrt{N}) \text{ und } F(0,4769363-\sqrt{N})$$

fallen wird, oder daſs man 1 gegen 1 wetten kann, daſ wahre Werth von f zwischen diese beiden Gröſsen fallen r

5) Man könnte aber auch ganz allgemein nach der W scheinlichkeit w fragen, daſs eine der bisher bestimmten ſsen (z. B. der mittlere Fehler Φ des Resultats X) zwis zwei andere willkürliche Grenzen falle, z. B. zwischen die den Grenzen $\pm\frac{r}{\sqrt{P}}$, wo $P=\frac{N^2}{2\Sigma.\varepsilon^2}$ wieder das wicht jener Bestimmung von X und r irgend eine will liche Gröſse bezeichnet. Diese Wahrscheinlichkeit w wird durch folgenden Ausdruck gegeben:

$$w=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^r e^{-r^2}\partial r,$$

wo e = 2,71828 die Basis der natürlichen Logarithmen wo das Integral von r = 0 bis r genommen wird. Dieses tegral, welches bei höheren physikalischen und astronomis Untersuchungen öfter vorkommt, verdient einige nähere Betr tungen.

Zuerst bemerke man die zwei folgenden speciellen F Wenn das Integral von r = 0 bis r = ∞ genommen wird, hat man

Digitized by Google

$$\int_0^{\infty} e^{-r^2} \partial r = \tfrac{1}{2}\sqrt{\pi} = 0{,}8862269,$$

und wenn es von $r = -\infty$ bis $r = +\infty$ genommen wird, so ist

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-r^2} \partial r = \sqrt{\pi} = 1{,}7724538.$$

Ueberhaupt aber hat man, wenn r kleiner als die Einheit ist,

$$\int_0^r e^{-r^2} \partial r = r - \frac{r^3}{3} + \frac{1}{1.2} \cdot \frac{r^5}{5} - \frac{1}{1.2.3} \cdot \frac{r^7}{7} + \frac{1}{1.2.3.4} \cdot \frac{r^9}{9} - \ldots$$

oder auch

$$\int_0^r e^{-r^2} \partial r = \frac{r}{e^{r^2}} \left[1 + \frac{2r^2}{1.3} + \frac{(2r^2)^2}{1.3.5} + \frac{(2r^2)^3}{1.3.5.7} + \ldots \right]$$

Ist aber r gröſser als die Einheit, so wird man dieses Integral durch folgende Reihe ausdrücken:

$$\int_0^r e^{-r^2} \partial r = \tfrac{1}{2}\sqrt{\pi} - \frac{1}{2r.e^{r^2}} \cdot \left[1 - \frac{1}{2r^2} + \frac{1.3}{(2r^2)^2} - \frac{1.3.5}{(2r^2)^3} + \frac{1.3.5.7}{(2r^2)^4} - \ldots \right]$$

Man kann den vorhergehenden Ausdruck von

$$w = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^r e^{-r^2} \partial r$$

als die Area ABMP einer transcendenten Curve mBM darstellen, deren Abscisse AP = r und deren darauf senkrechte Ordinate Fig. 88.

$PM = y = \frac{2}{\sqrt{\pi}} . e^{-r^2}$ ist.

Es ist nämlich überhaupt

$$e^{-r^2} = 1 - r^2 + \frac{r^4}{1.2} - \frac{r^6}{1.2.3} + \frac{r^8}{1.2.3.4} - \ldots,$$

also ist auch die Ordinate jener krummen Linie

$$y = \frac{2}{\sqrt{\pi}} . e^{-r^2} = 1{,}12838 \left[1 - r^2 + \frac{r^4}{1.2} - \frac{r^6}{1.2.3} + \ldots \right]$$

und daher die Area ABMP derselben

$$\int y \, \partial r = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^r e^{-r^2} \partial r.$$

Die folgende kleine Tafel giebt die Ordinate y dieser Curve für mehrere Werthe von der Abscisse r derselben.

Tafel I.

r	$y = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-r^2}$
0,0	1,12838
0,1	1,10716
0,2	1,08412
0,3	1,03124
0,4	0,96154
0,5	0,87878
0,6	0,78724
0,7	0,69128
0,8	0,59498
0,9	0,50196
1,0	0,41510
1,5	0,11894
2,0	0,02066
2,5	0,00218
3,0	0,00014
3,5	0,00001

Man sieht, daſs die Abscissenaxe pAP zugleich die Asy tote der Curve ist. Für eine unendlich groſse Abscisse die Fläche dieser Curve gleich

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^\infty e^{-r^2} \partial r = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{2} = 1,$$

also die ganze Fläche von AB zu beiden Seiten ins Unendl gleich der Einheit. Wichtiger noch für den Gebrauch di Ausdrücke ist eine Tafel, die w durch r oder umgekehrt g Die obige Formel

$$w = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^r e^{-r^2} \partial r$$

wird, wenn man in ihr statt des Integrals die oben aufgest ten Reihen substituirt, folgende Tafel geben.

Tafel II.

w	r	$\frac{w}{1-w}$
0,5	0,4769363	1,000000
0,6	0,5951161	1,5000000
0,7	0,7328691	2,3333333
0,8	0,9061939	4,0000000
0,8427008	1,0000000	5,3572874
0,9	1,1630872	9,0
0,99	1,8213864	99,0
0,999	2,3276754	999,0
0,9999	2,7510654	9999,0
1,00000	∞	∞

Diese Tafel zeigt z. B., daſs die Wahrscheinlichkeit, daſs r Fehler Φ zwischen den Grenzen $\pm \frac{1}{\sqrt{P}}$ liege, gleich $= 0,8427008$ ist, und daſs also auch die Wahrscheinlichkeit des Gegentheils, daſs Φ nicht zwischen diesen zwei Grenze liege, gleich $1 - w = 0,1572992$ ist, so daſs man daher die …w gegen $1 - w$, oder daſs man die Gröſse $\frac{w}{1-w} = 5,3572874$ gegen die Einheit wetten darf, daſs der Fehler Φ in der That zwischen den Grenzen $\pm \frac{1}{\sqrt{P}}$ liege, oder mit andern Worten, ſs der Fehler Φ kleiner als $\frac{1}{\sqrt{P}}$ ist. Ebenso kann man …99 gegen 1 (oder in runder Zahl 10000 gegen 1) wetten, ſs der Fehler Φ kleiner als $\frac{2,7510654}{\sqrt{P}}$ ist; aber man darf r 4 gegen 1 wetten, daſs er kleiner als $\frac{0,9061939}{\sqrt{P}}$ ist u. s. w.

Wenn man diese Tafel interpolirt und dann umkehrt, so …det man daraus die folgende Tabelle, welche die Gröſsen $= \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^r e^{-r^2}\partial r$ und $\frac{w}{1-w}$ durch die bekannte oder gebene Gröſse r ausdrückt.

Digitized by Google

Tafel III.

r	w	$\frac{w}{1-w}$
0,0	0,000000	0,000000
0,1	0,112463	0,126714
0,2	0,222702	0,286508
0,3	0,328626	0,489483
0,4	0,428392	0,749451
0,5	0,520500	1,085501
0,6	0,603856	1,524336
0,7	0,677801	2,103672
0,8	0,742101	2,877487
0,9	0,796908	3,923876
1,0	0,842700	5,357279
1,1	0,880205	7,347593
1,2	0,910314	10,150012
1,3	0,934008	14,153352
1,4	0,952285	19,957770
1,5	0,966105	28,502876
1,6	0,976348	41,279723
1,7	0,983790	60,690315
1,8	0,989090	90,659029
1,9	0,992790	137,696255
2,0	0,995322	212,766139
2,1	0,997024	335,021505
2,2	0,998140	536,634409
2,3	0,998860	876,192982
2,4	0,999314	1456,725947
2,5	0,999598	2486,562438
2,6	0,999768	4309,344828
2,7	0,999870	7691,307692
2,8	0,999928	13887,888888
2,9	0,999962	26314,789474
3,0	0,999982	55555,0
3,1	0,999992	124999,0
3,2	0,999998	499999,0
3,3	0,999999	999999,0

Dieſe Tafel iſt ſo zu verſtehen: daſs der Fehler Φ li

zwischen den Grenzen	dafür ist die Wahrscheinlichkeit	und dafür kann man wetten gegen die Einheit
$\pm\frac{0{,}1}{\sqrt{p}}$	0,112	0,127
$\pm\frac{0{,}5}{\sqrt{p}}$	0,520	1,085
$\pm\frac{1}{\sqrt{p}}$	0,843	5,357
$\pm\frac{2}{\sqrt{p}}$	0,995	213,0
$\pm\frac{3}{\sqrt{p}}$	0,999982	55555,0 u. s. w.

6) Wenden wir nun das Vorhergehende auf ein numerisches Beispiel an, um dadurch den praktischen Gebrauch der bisher aufgestellten Ausdrücke deutlicher zu machen. Nehmen wir an, man habe z. B. für die Polhöhe von Wien in zehn auf einander folgenden, im Allgemeinen gleich guten Beobachtungen die Resultate gefunden:

x =	48°12′ 35,″2	x_5 =	48°12′ 34″,7
x_1 =	34,6	x_6 =	35,4
x_2 =	35,4	x_7 =	34,8
x_3 =	35,0	x_8 =	35,6
x_4 =	34,2	x_9 =	35,2

Das arithmetische Mittel dieser Gröſse ist

$$X = 48^\circ\ 12'\ 35'',01 = \frac{1}{N} \cdot \Sigma x$$

und diesen Werth X wollen wir als den wahrscheinlichsten Werth der Polhöhe jenes Orts annehmen, der aus diesen zehn Beobachtungen hervorgeht. Es sind aber die Differenzen dieses Resultats X von den einzelnen Beobachtungen

$X - x$ oder $\varepsilon = 35{,}01 - 35{,}2$ oder

$\varepsilon = -0{,}19$	und deren	ε^2	$= 0{,}0361$
$\varepsilon_1 = 0{,}41$	Quadrate	ε_1^2	$= 0{,}1861$
$\varepsilon_2 = -0{,}39$		ε_2^2	$= 0{,}1521$
$\varepsilon_3 = 0{,}01$		ε_3^2	$= 0{,}0001$
$\varepsilon_4 = 0{,}81$		ε_4^2	$= 0{,}6561$
$\varepsilon_5 = 0{,}31$		ε_5^2	$= 0{,}0961$
$\varepsilon_6 = -0{,}39$		ε_6^2	$= 0{,}1521$
$\varepsilon_7 = 0{,}21$		ε_7^2	$= 0{,}0441$
$\varepsilon_8 = -0{,}59$		ε_8^2	$= 0{,}3481$
$\varepsilon_9 = -0{,}19$		ε_9^2	$= 0{,}0361$
		$\Sigma . \varepsilon^2$	$= 1{,}7070$

Digitized by Google

Dieses vorausgesetzt ist das Gewicht P der vorhergehe Bestimmung von X (nach §. 1) gleich

$$P = \frac{N^2}{2\Sigma.\varepsilon^2} = 29{,}291 \text{ und } \sqrt{P} = 5{,}4121\,;\ \frac{1}{\sqrt{P}} = 0{,}18$$

Der wahrscheinlichste Fehler F dieses Resultats X ist (nach

$$F = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P}} = \pm\, 0'',0881.$$

Der mittlere zu befürchtende Fehler Φ desselben Res ist (nach §. 3)

$$\Phi = \frac{1}{2\sqrt{\pi P}} = \pm\, 0'',0521.$$

Endlich der wahrscheinliche Fehler f jeder einzelnen obachtung selbst (nach §. 4)

$$f = 0{,}47694 \sqrt{\frac{N}{P}} = \pm\, 0'',2787$$

und die wahrscheinliche Grenze dieses letzten Fehlers ist

$$f\left(1 \pm \frac{0{,}47694}{\sqrt{N}}\right) = 0{,}2787 \pm 0{,}0420$$

oder diese beiden Grenzen sind 0,3207 und 0,2367.

Man kann daher sagen, daſs mit diesem Instrumente, übrigens gleichen Umständen, jede einzelne Beobachtung d Art dem wahrscheinlichen Fehler f = 0″,28 unterworfen und daſs dieser Fehler in der Ordnung nicht gröſser als (und nicht kleiner als 0″,24 seyn wird.

Welches ist aber die Wahrscheinlichkeit w, daſs die (zen $\partial\Phi$ des mittlern zu befürchtenden Fehlers die Gröſse

$$\partial\Phi = \pm \frac{r}{\sqrt{P}}$$

nicht übersteigen, oder daſs der mittlere Fehler nicht gröſse $\frac{r}{\sqrt{P}}$ sey, wo r irgend eine willkürliche Gröſse bezeich Darauf sind die Antworten folgende. Ist r = 0,476936, s

$$\partial\Phi = \frac{0{,}476936}{5{,}4121} = 0{,}0881,$$

und da zu diesem r in der vorletzten Tafel II. der Werth w = oder $\frac{w}{1-w} = 1$ gehört, so ist die Wahrscheinlichkeit, der Fehler $\partial\Phi$ nicht gröſser als 0″,0881 sey, gleich 0,5, man kann 1 gegen 1 wetten, daſs der Fehler, den man in obigen Bestimmung von X begangen hat, nicht gröſse

Digitized by Google

0,0881 iſt. Auch iſt zuvor ſchon der wahrſcheinlichſte Fehler F des Reſultats X gleich derſelben Gröſse 0,0881 gefunden worden, wie es aus der Natur der Sache folgt.

Für $t=1$ giebt dieſelbe Tafel (II) .. $w=0,8427$ und $\frac{w}{1-w}=5,35729$

und $\partial.\Phi=\frac{1}{5,4121}=0,1848$.

Für $t=2,32767$ hat man $w=0,999$, $\frac{w}{1-w}=999$ und

$\partial.\Phi=\frac{2,32767}{5,4121}=0,4301$.

Ebenſo folgt aus der letzten Tafel (III), daſs

$t=0,5$ giebt $\partial.\Phi=\frac{0,5}{5,4121}=0,0924$, $w=0,5205$ und

$\frac{w}{1-w}=1,085$.

Für $t=1$ erhält man ebenſo $\partial.\Phi=0,1848$ und $\frac{w}{1-w}=5,357$,

für $t=2$ — — — $\partial.\Phi=0,3695$ und $\frac{w}{1-w}=212,766$,

oder, wie die letzte Zeile ſagt: daſs der mittlere Fehler Φ, den wir oben gleich $\pm 0'',0521$ gefunden haben, zwiſchen die beiden Grenzen $\pm 0,3695$ falle, davon iſt die Wahrſcheinlichkeit $w=0,9953$ oder ſchon ſehr nahe gleich 1, das heiſst, gleich der Gewiſsheit, daher man auch 213 gegen 1 wetten kann, daſs dieſer Fall eintreten werde.

7) Obſchon die vorhergehenden Rechnungen ſelbſt dem Ungeübten nicht beſchwerlich fallen können, ſo laſſen ſie ſich doch noch für die Ausübung etwas bequemer machen, ohne dadurch den Reſultaten F, f und Φ bedeutenden Abbruch zu thun. Man kann nämlich ſtatt der bisher gebrauchten Summe der Quadrate der Fehler $\Sigma.\varepsilon^2=\varepsilon^2+\varepsilon_1^2+\varepsilon_2^2+\ldots$ auch die Summe dieſer Fehler ſelbſt, oder die Gröſse

$$\Sigma.\varepsilon=\varepsilon+\varepsilon_1+\varepsilon_2+\ldots$$

einführen, wo aber dann alle dieſe Gröſsen ε, ε_1, ε_2 ... als poſitiv angenommen werden müſſen. Dieſes vorausgeſetzt findet man für den wahrſcheinlichen Fehler f jeder einzelnen Beobachtung den genäherten Ausdruck

$$f = 0{,}84535 \frac{\Sigma . \varepsilon}{N}.$$

In unserm Beispiele ist $\Sigma . \varepsilon = 3{,}50$, also auch

$$f = 0{,}296.$$

Setzt man also jene beiden Ausdrücke von f einander gl
so erhält man

$$0{,}84535 \frac{\Sigma . \varepsilon}{N} = 0{,}47694 \sqrt{\frac{N}{P}},$$

oder man erhält für das Gewicht P den Ausdruck

$$P = 0{,}31831 \frac{N^3}{(\Sigma . \varepsilon)^2}.$$

Ist aber so P gefunden, so hat man, wie zuvor, die gen
ten Werthe

$$\Phi = \frac{1}{2\sqrt{\pi P}},$$

$$F = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P}},$$

$$f = 0{,}47694 \sqrt{\frac{N}{P}},$$

und endlich für die wahrscheinlichen Grenzen von f erhä
den Doppelausdruck

$$f\left(1 \pm \frac{0{,}47694}{\sqrt{N}}\right).$$

In unserm Beispiele ist, wenn alle ε positiv genommen
den, $\Sigma . \varepsilon = 3{,}50$, also ist auch

$$P = 25{,}984; \quad F = 0{,}094; \quad \Phi = 0{,}055$$

und $f = \pm 0{,}296$, so wie die Grenzen von f

$$0{,}341 \text{ und } 0{,}251,$$

welche Werthe nur unbeträchtlich von denen des §. 6
weichen.

8) In dem Vorhergehenden haben wir die einzelnen I
achtungen ohne Unterschied von gleicher Güte vorausg
allein man hat zuweilen Ursache, eine von mehrern Beo
tungen für etwa nur halb oder auch doppelt so gut, al
andern zu halten. Nehmen wir also allgemein an, daſs

Digitized by Google

c der Werth der ersten Beobachtung,
c_1 - - - zweiten —
c_2 - - - dritten — sey u. s. w.,

wo also, wenn z. B. $c=1$; $c_1=2$; $c_2=3$ wäre, die 2te Beobachtung zweimal, die 3te dreimal besser angenommen wird, als die erste. Dieses vorausgesetzt hat man, wie die Wahrscheinlichkeitsrechnung zeigt, für den wahrscheinlichsten Werth X nicht mehr, wie zuvor, das arithmetische Mittel, sondern vielmehr folgende Gröſse zu nehmen:

$$X=\frac{c^2x+c_1^2x_1+c_2^2x_2+c_3^2x_3+\ldots}{c^2+c_1^2+c_2^2+c_3^2+\ldots}=\frac{\Sigma.c^2x}{\Sigma.c^2}.$$

Sucht man dann wieder die Gröſsen

$$\varepsilon=X-x;\quad \varepsilon_1=X-x_1;\quad \varepsilon_2=X-x_2 \text{ u. s. w.},$$

und setzt man

$$\Sigma.c^2\varepsilon^2=c^2\varepsilon^2+c_1^2\varepsilon_1^2+c_2^2\varepsilon_2^2+\ldots,$$

so erhält man, wie zuvor, für P, F, Φ und f die Ausdrücke

$$P=\tfrac{1}{2}N.\frac{\Sigma.c^2}{\Sigma.c^2\varepsilon^2};\quad \Phi=\frac{0{,}282095}{\sqrt{P}}$$

$$F=\frac{0{,}47694}{\sqrt{P}};\quad G=\sqrt{\Sigma.c^2}$$

und

$$f=0{,}47694\,\sqrt{\frac{\Sigma.c^2}{P}}$$

und endlich für die wahrscheinlichsten Grenzen dieses letzten Fehlers f jeder einzelnen Beobachtung

$$f\left(1\pm\frac{0{,}47694}{\sqrt{\Sigma.c^2}}\right).$$

In diesen Ausdrücken bezeichnet aber f nicht, wie zuvor, den wahrscheinlichen Fehler jeder einzelnen, sondern nur derjenigen Beobachtung, deren entsprechendes c gleich der Einheit ist, so wie auch die Gröſse G die Genauigkeit des Resultats X unter der Voraussetzung bezeichnet, daſs die Genauigkeit jeder einzelnen Beobachtung als Einheit angenommen wird. Der mit den obigen übereinstimmende Fehler jeder einzelnen Beobachtung überhaupt ist nämlich hier bei

Digitized by Google

der 1sten Beobachtung $f_0 = \frac{f}{c}$,

- 2ten — — $f_1 = \frac{f}{c_1}$,

- 3ten — — $f_2 = \frac{f}{c_2}$ u. s. w.

Setzt man in diese Ausdrücke $c = c_1 = c_2 \ldots = 1$, s $\Sigma . c^2 \varepsilon^2 = \Sigma \varepsilon^2$ und $\Sigma . c^2 = N$, und man erhält dann di gen Ausdrücke unverändert wieder.

Seyen, um auch dieses auf ein Beispiel anzuwenden drei beobachteten Polhöhen

$x = 48° 12' 33''$ und der Werth dieser Beob. .. $c = 1$
$x_1 = 48 \; 12 \; 34$ - - - - - .. $c_1 = 2$
$x_2 = 48 \; 12 \; 35$ - - - - - .. $c_2 = 3$

so hat man

$$\begin{array}{rcl} c^2 x &=& 33 \\ c_1^2 x_1 &=& 136 \\ c_2^2 x_2 &=& 315 \\ \hline \Sigma . c^2 x &=& 484 \end{array} \qquad \begin{array}{rcl} c^2 &=& 1 \\ c_1^2 &=& 4 \\ c_2^2 &=& 9 \\ \hline \Sigma . c^2 &=& 14. \end{array}$$

Mit diesen Zahlen erhält man

$$X = \frac{\Sigma . c^2 x}{\Sigma . c^2} = 34{,}571$$

und

$$\begin{array}{rcl} \varepsilon &=& X - x = 1{,}571 \\ \varepsilon_1 &=& X - x_1 = 0{,}571 \\ \varepsilon_2 &=& X - x_2 = -0{,}429 \end{array} \qquad \begin{array}{rcl} c^2 \varepsilon^2 &=& 2{,}468 \\ c_1^2 \varepsilon_1^2 &=& 1{,}304 \\ c_2^2 \varepsilon_2^2 &=& 1{,}656 \\ \hline \Sigma . c^2 \varepsilon^2 &=& 5{,}428 \end{array}$$

so daſs man daher hat

$$\begin{array}{rcl} X &=& 34'',571 \\ P &=& 3{,}959 \\ \Phi &=& 0{,}142 \end{array} \qquad \begin{array}{rcl} F &=& 0{,}240 \\ G &=& 3{,}742 \\ f &=& 0{,}415 \end{array}$$

und für die einzelnen Beobachtungen hat man die wahrsc lichen Fehler

Digitized by Google

$$\frac{f}{c} = 0{,}415 \text{ für die Iste Beobachtung}$$

$$\frac{f}{c_1} = 0{,}207 \text{ - - IIte - -}$$

$$\frac{f}{c_2} = 0{,}138 \text{ - - IIIte - -}$$

Da nun überhaupt $\frac{1}{\sqrt{P}} = 0{,}50258$ ist, so kann man, nach der Tafel III, die Gröſse 5,357 gegen 1 wetten, daſs der Fehler Φ kleiner als $\frac{1}{\sqrt{P}} = 0'',5026$ ist, und 213 gegen 1, daſs dieser Fehler kleiner als $\frac{2}{\sqrt{P}} = 1'',005$, und endlich 9999 gegen 1, daſs er kleiner als $\frac{2{,}32767}{\sqrt{P}} = 1'',17$ ist u. s. w. Hätte man in diesem Beispiele $c = c_1 = c_2 = 1$ genommen, so würde man (nach §. 1 — 5) erhalten haben,

$$X = \frac{\Sigma . x}{N} = 34'',00 \qquad \Sigma . \varepsilon^2 = 2$$

$$P = 2{,}25; \quad \Phi = 0{,}188; \quad F = 0{,}318;$$
$$G = 1{,}732 \text{ und } f = 0{,}551.$$

IV. Auflösung der Gleichungen mit einer einzigen unbekannten Gröſse durch die Methode der kleinsten Quadrate.

Einer der gewöhnlichsten Fälle bei Beobachtungen oder Experimenten ist der, wo man eine Gröſse, deren Werth man schon beinahe kennt oder für die man bereits eine genäherte Formel hat, durch eine Anzahl von Beobachtungen noch genauer bestimmen will. So hat man, um dieses sogleich durch ein einfaches Beispiel deutlich zu machen, für den Höhenunterschied H in Toisen von zwei Orten, an welchen man die Barometerhöhen b und b′ beobachtet hat, den bekannten Ausdruck

$$H = 9437 \text{ Log. } \frac{b}{b'},$$

wenn man die kleinen Correctionen wegen der Temperatur und der Polhöhe hier der Kürze wegen wegläſst. Da nun dieser

Factor 9437, von welchem die Höhenbeſtimmungen mit Barometer vorzüglich abhängen, noch keineswegs ganz g bekannt iſt, ſo wollen wir die noch unbekannte Verbeſſe desſelben durch x bezeichnen, ſo daſs alſo der eigent Werth dieſes Factors gleich 9437 + x jene ſtrenge Fo gleich

$$H = (9437 + x) \text{ Log. } \frac{b}{b'}$$

ſeyn ſoll. Beobachtet man nun in der That an zwei Orte Barometerhöhen b und b', und kennt man zugleich aus an unmittelbaren, z. B. aus trigonometriſchen Meſſungen die w Höhendifferenz dieſer beiden Orte, die wir h nennen wo ſo wird man, da auch

$$(9437 + x) \text{ Log. } \frac{b}{b'}$$

dieſe wahre Höhendifferenz ausdrückt, die Gleichung habe

$$h = (9437 + x) \text{ Log. } \frac{b}{b'}$$

oder, da bereits oben $H = 9437 \text{ Log. } \frac{b}{b'}$ gefunden war,

$$h = H + x \text{ Log. } \frac{b}{b'},$$

oder

$$(h - H) - x \text{ Log. } \frac{b}{b'} = 0,$$

und da in dieſer Gleichung bloſs die unbekannte Gröſse x kommt, ſo wird man ſie durch dieſe Gleichung ſelbſt beſt men und ſo den geſuchten Werth 9437 + x jenes Fa erhalten können.

Allein das Reſultat h jener trigonometriſchen Meſſung w da es doch wieder nur aus einer Beobachtung abgeleitet ebenfalls als nicht ganz genau angeſehn werden können. N men wir an, der übrigens noch unbekannte Fehler dieſer gonometriſchen Meſſung ſey $= \varepsilon$, ſo daſs alſo eigent $h + \varepsilon$ der wahre Werth jenes Höhenunterſchiedes ſeyn ſ Unter dieſer Vorausſetzung wird die obige Gleichung in folgende übergehn:

$$(h + \varepsilon - H) - x \text{ Log. } \frac{b}{b'} = 0,$$

Digitized by Google

oder, wenn man der Kürze wegen die Differenz der durch Trigonometrie und durch das Barometer erhaltenen Höhen, d. h. wenn man die Differenz h — H = δ setzt,

$$\delta + \varepsilon - x \,\text{Log.}\, \frac{b}{b'} = 0.$$

In dieser Gleichung wird der Factor Log. $\frac{b}{b'}$, irgend eine, aus den Barometerbeobachtungen hervorgegangene Zahl seyn, die wir der Kürze wegen durch a bezeichnen wollen, so daſs man also hat

$$\varepsilon = ax - \delta,$$

und dieses ist also die *Bedingungsgleichung* der ersten Beobachtung, in welcher demnach a und δ bekannte Gröſsen, x die zu suchende Correction und ε endlich der noch unbekannte Fehler dieser ersten Beobachtung ist. Eine zweite und dritte Beobachtung wird ganz ebenso die Bedingungsgleichungen geben

$$\varepsilon_1 = a_1 x - \delta_1,$$
$$\varepsilon_2 = a_2 x - \delta_2 \text{ u. s. w.},$$

und es wird nun darauf ankommen, denjenigen Werth der Gröſse x zu finden, der allen diesen Bedingungsgleichungen am besten entspricht, d. h. denjenigen Werth X, für welchen die Summe der Quadrate aller Beobachtungsfehler $\varepsilon, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3 \ldots$ ein Kleinstes ist. Dieser Bedingung wird aber durch die Gleichung

$$\partial.(\varepsilon^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \ldots) = 0$$

Genüge geschehen. Substituirt man in ihr die vorhergehenden Werthe von $\varepsilon, \varepsilon_1, \varepsilon_2 \ldots$, so hat man

$$\partial.(ax - \delta)^2 + \partial.(a_1 x - \delta_1)^2 + \partial.(a_2 x - \delta_2)^2 + \ldots = 0,$$

also auch

$$x(a^2 + a_1^2 + a_2^2 + \ldots) - (a\delta + a_1\delta_1 + a_2\delta_2 + \ldots) = 0,$$

oder endlich, wenn man wieder die oben eingeführten Summenzeichen gebraucht,

$$x.\Sigma.a^2 - \Sigma.a\delta = 0,$$

so daſs also der gesuchte wahrscheinlichste Werth von x

$$X = \frac{\Sigma.a\delta}{\Sigma.a^2}$$

seyn wird, wo man hat

Digitized by Google

$$\Sigma . a\delta = a\delta + a_1\delta_1 + a_2\delta_2 + \ldots,$$
$$\Sigma . a^2 = a^2 + a_1^2 + a_2^2 + \ldots$$

Hat man so den wahrscheinlichsten Werth X der Gröſse x funden, so wird man die Gröſsen P, Φ, F, f und G im gemeinen durch die den obigen ganz ähnlichen Ausdrücke stimmen können. Setzt man nämlich

$$\Sigma . \varepsilon^2 = (aX - \delta)^2 + (a_1 X - \delta_1)^2 + (a_2 X - \delta_2)^2 + \ldots,$$

so findet man für das Gewicht P jener Bestimmung von X Ausdruck

$$P = \tfrac{1}{2} N . \frac{\Sigma . a^2}{\Sigma . \varepsilon^2},$$

wo wieder N die Anzahl der Beobachtungen bezeichnet. A sieht man leicht, daſs man die Gröſse $\Sigma . \varepsilon^2$ einfacher durch folgenden Ausdruck erhält:

$$\Sigma . \varepsilon^2 = \Sigma . \delta^2 - \frac{(\Sigma . a\delta)^2}{\Sigma . a^2}.$$

Kennt man so den Werth von P, so ist der mittlere zu fürchtende Fehler Φ des Resultates X

$$\Phi = \frac{1}{2\sqrt{\pi P}} = \frac{0{,}282095}{\sqrt{P}};$$

der wahrscheinliche Fehler dieses Resultats aber ist

$$F = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P}}$$

und die Genauigkeit (Präcision) dieser Bestimmung des Res tats, die Genauigkeit der einzelnen Beobachtungen als Ein angenommen, ist

$$G = \frac{f}{F} = \sqrt{\Sigma . a^2}.$$

Endlich ist der wahrscheinliche Fehler f jeder einzelnen Be achtung selbst

$$f = 0{,}47694 \sqrt{\frac{\Sigma . a^2}{P}}$$

und die wahrscheinlichen Grenzen derselben

$$f\left(1 \pm \frac{0{,}47694}{\sqrt{N}}\right).$$

Setzt man in diesen Ausdrücken von P, Φ, F und f die Gröſ

$a = a_1 = a_2 \ldots$ und $\delta, \delta_1, \delta_2 \ldots$ gleich $x, x_1, x_2 \ldots$, wodurch $\Sigma a^2 = a^2 + a^2 + a^2 + \ldots = N$ wird, so erhält man die in Nr. III. gegebenen Ausdrücke wieder, wie es seyn soll.

Beispiel. Seyen aus den unmittelbaren Beobachtungen folgende fünf Bedingungsgleichungen gefunden worden:

$$1{,}50\,x - 0{,}72 = \varepsilon$$
$$1{,}46\,x - 0{,}68 = \varepsilon_1$$
$$1{,}52\,x - 0{,}82 = \varepsilon_2$$
$$1{,}43\,x - 0{,}78 = \varepsilon_3$$
$$1{,}48\,x - 0{,}69 = \varepsilon_4\,.$$

Hier ist also

$$a = 1{,}50;\quad a_1 = 1{,}46 \text{ u. f.}$$
$$\delta = 0{,}72,\quad \delta_1 = 0{,}68 \text{ u. f.}$$

also auch, wie man sofort findet,

$$\Sigma.a^2 = 10{,}9273;\quad \Sigma.\delta^2 = 2{,}7377;\quad \Sigma.a\delta = 5{,}4558$$

und daraus folgt

$$\Sigma.\varepsilon^2 = \Sigma\delta^2 - \frac{(\Sigma.a\delta)^2}{\Sigma.a^2} = 0{,}0137,$$

also auch

$$X = \frac{\Sigma.a\delta}{\Sigma.a^2} = 0{,}4993;\quad P = 1994{,}033.$$

Ferner hat man

$$\Phi = 0{,}00632;\quad F = 0{,}01068;\quad G = 3{,}3056$$

und

$$f = 0{,}03531,$$

so wie die Grenzen von f

$$0{,}04284 \text{ und } 0{,}02778.$$

Es ist daher die Wahrschein-lichkeit	oder man kann gegen die Einheit wetten	daſs Φ kleiner sey als
0,520	1,085	0,01119
0,843	5,357	0,0224
0,995	212,77	0,0448 u. f.

Das Vorhergehende setzt voraus, daſs die Werthe aller Bedingungsgleichungen unter sich gleich groſs sind. Ist aber von der Bedingungsgleichung

Digitized by Google

$$\begin{array}{llll} & \varepsilon = ax - \delta & \text{der Werth} & c \\ \text{von} & \varepsilon_1 = a_1 x - \delta_1 & \text{—} \quad \text{—} & c_1 \\ \text{von} & \varepsilon_2 = a_2 x - \delta_2 & \text{—} \quad \text{—} & c_2 \quad \text{u. s. w.,} \end{array}$$

so hat man für die Gröſsen X, P, Φ ... folgende Ausdı wo wieder $\varepsilon = aX - \delta$, $\varepsilon_1 = a_1 X - \delta_1$ ... ist:

$$X = \frac{\Sigma . c^2 a \delta}{\Sigma . c^2 a^2}; \quad P = \tfrac{1}{2} N . \frac{\Sigma . c^2 a^2}{\Sigma . c^2 \varepsilon^2}; \quad F = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P}};$$

$$\Phi = \frac{0{,}28209}{\sqrt{P}}; \quad G = \sqrt{\Sigma . c^2 a^2}; \quad f = 0{,}47694 \sqrt{\frac{\Sigma . c^2 a^2}{P}}$$

und für die beiden Grenzen von f

$$f\left(1 \pm \frac{0{,}47694}{\sqrt{N.}}\right).$$

Setzt man in diesen Gleichungen $c = c_1 = c_2$ ... gleicl Einheit, so ist $\Sigma . c^2 a\delta = \Sigma . a\delta$; $\Sigma . c^2 a^2 = \Sigma . a^2$ $\Sigma . c^2 \varepsilon^2 = \Sigma . \varepsilon^2$ und man erhält die vorhin gegebenen Ausd wieder.

Beispiel. Seyen die drei gegebenen Bedingungsgleichu

$$\begin{array}{lll} 2x - 2{,}5 = \varepsilon & \text{mit dem Werthe} & c = 1 \\ 3x - 5{,}0 = \varepsilon_1 & \text{-} \quad \text{-} \quad \text{-} & c_1 = 2 \\ 4x - 6{,}0 = \varepsilon_2 & \text{-} \quad \text{-} \quad \text{-} & c_2 = 3, \end{array}$$

so daſs also die zweite Beobachtung zweimal und die dreimal so gut, als die erste, angenommen wird.

Diese Gleichungen geben

$$\Sigma . c^2 a^2 = 184, \quad \Sigma . c^2 a \delta = 281,$$

also auch

$$X = \frac{\Sigma . c^2 a \delta}{\Sigma . c^2 a^2} = 1{,}52717 .$$

Mit diesem Werthe von X erhält man

$$\varepsilon = aX - \delta = 3{,}05434 - 2{,}5 = 0{,}5543$$

und ebenso

$$\varepsilon_1 = - 0{,}4184 \text{ und } \varepsilon^2 = 0{,}1088,$$

so daſs man daher hat

$$\Sigma . c^2 \varepsilon^2 = 1{,}11413.$$

Dieses vorausgesetzt erhält man dann für die zu bestimme Gröſsen

Digitized by Google

$P = 247{,}7263$, $F = 0{,}03030$, $\Phi = 0{,}01792$,
$G = 13{,}565$, $f = 0{,}41104$.

Es ist daher die Wahrscheinlichkeit	oder man kann gegen die Einheit wetten	daſs Φ kleiner sey als
0,520	1,085	0,0317
0,843	5,357	0,0635
0,995	213,0	0,1270.

Man kann aber auch den Fall, wo die einzelnen Bedingungsgleichungen ungleiche Werthe haben, unmittelbar auf den vorigen Fall, wo alle Werthe gleich sind, zurückbringen, und daher ganz nach den anfangs gegebenen Gleichungen rechnen, wenn man nur zuvor jede der gegebenen Bedingungsgleichungen durch ihren Werth von c, c_1, c_2 .. multiplicirt. So hat man in dem letzten Beispiele die neuen Bedingungsgleichungen

$$2x - 2{,}5 = \varepsilon$$
$$6x - 10{,}0 = \varepsilon_1$$
$$12x - 18{,}0 = \varepsilon_2,$$

wo die Werthe aller dieser Gleichungen unter sich dieselben sind. Behandelt man daher die so modificirten Beobachtungen nach den ersten Ausdrücken dieses Abschnittes, so erhält man

$$\Sigma.a^2 = 184;\quad \Sigma.\delta^2 = 430{,}25;\quad \Sigma.a\delta = 281,$$

also ist auch

$$X = \frac{\Sigma.a\delta}{\Sigma.a^2} = 1{,}52717,$$

$$\Sigma.\varepsilon^2 = \Sigma.\delta^2 - \frac{(\Sigma.a\delta)^2}{\Sigma.a^2} = 1{,}1142,$$

$$P = \tfrac{1}{2}N.\frac{\Sigma.a^2}{\Sigma.\varepsilon^2} = 247{,}7113;\quad \Phi = \frac{0{,}282095}{\sqrt{P}} = 0{,}01792,$$

$$F = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P}} = 0{,}03030,$$

$$G = \sqrt{\Sigma.a^2} = 13{,}565$$

und

$$f = 0{,}47694\sqrt{\frac{\Sigma.a^2}{P}} = 0{,}41105,$$

welche Werthe auch mit den vorhergehenden genau überein-

Digitized by Google

stimmen. Noch hat man für die wahrſcheinlichen Fehle1 1sten, 2ten und 3ten Beobachtung

$$\frac{f}{c} = 0{,}411$$

$$\frac{f}{c_1} = 0{,}205$$

$$\frac{f}{c_2} = 0{,}137.$$

Man wird wohl nur selten im Stande seyn, die Werthe einzelnen Beobachtungen unter einander anzugeben und dadurch gleichsam gegen einander abzuwägen. Aber oft fü sich, daſs man bei einer groſsen Menge von Beobachtungen selben in zwei, drei oder mehrere Gruppen theilt, indem z. B. die Summe der ersten zehn Bedingungsgleichungen die erste Gruppe, die Summe der folgenden zwanzig als zweite Gruppe, die der nächstfolgenden dreiſsig als die d Gruppe ansieht u. s. f., wo man dann der ersten Gruppe Werth $c = 10$, der zweiten den Werth $c_1 = 20$, der dr den Werth $c_2 = 30$ u. s. w. geben kann, vorausgesetzt, die ersten, ursprünglichen Beobachtungen, wie man doch wöhnlich annehmen muſs, im Allgemeinen alle gleiche We unter sich haben. Diese Gruppirungen haben auch noch groſsen Vortheil für die Rechnung, daſs dadurch die An der dieser Rechnung zu Grunde zu legenden Bedingungsg chungen bedeutend kleiner und daher die Berechnung der ben auch viel bequemer wird, besonders wenn, wie in nun folgenden Abschnitten, *mehrere* unbekannte Gröſsen x z . . . durch die Wahrscheinlichkeitsrechnung zu bestim sind.

V. Auflösung der Gleichungen mit zwei un kannten Gröſsen durch die Methode der kle sten Quadrate.

Wir wollen nun zu solchen Beobachtungen übergehen, welchen *zwei* unbekannte Gröſsen zugleich zu bestimmen si Um den Gegenstand auch hier zuerst durch ein Beispiel zu läutern, nehmen wir an, daſs man die wahre Länge A des

Digitized by Google

condenpendels für irgend eine geographische Breite φ bestimmen soll. Der bekannte Ausdruck dafür ist

$$A = 439{,}23 + 2{,}39\,\mathrm{Sin.}^2\varphi,$$

wo A in Pariser Duodecimallinien ausgedrückt wird. Allein die beiden numerischen Coefficienten 439,23 und 2,39 sind keineswegs als schon ganz genau anzusehn, vielmehr bedürfen sie noch einer gewissen Verbesserung, die man natürlich nur aus unmittelbaren Beobachtungen ableiten kann. Seyen diese verbesserten Werthe jener beiden Factoren

$$(439{,}23 + x) \text{ und } (2{,}39 + y).$$

Gesetzt man habe nun unter einer gegebenen Breite φ die Pendellänge durch eine unmittelbare Beobachtung gleich B gefunden. Diese Beobachtung ist aber, der Natur der Sache nach, auch nicht als ganz richtig anzusehn. Nehmen wir also an, daſs man eigentlich die wahre Pendellänge aus dieser Beobachtung gleich $(B + \varepsilon)$ hätte finden sollen, so daſs also ε den übrigens noch unbekannten Fehler dieser Beobachtung bezeichnet. Da nun sowohl $(B + \varepsilon)$ als auch

$$(439{,}23 + x) + (2{,}39 + y)\,\mathrm{Sin.}^2\varphi$$

den *wahren* Ausdruck der Pendellänge vorstellt, so wird man, wenn man diese zwei Ausdrücke einander gleich stellt, die Gleichung erhalten

$$(B + \varepsilon) = 439{,}23 + x + (2{,}39 + y)\,\mathrm{Sin.}^2\varphi.$$

Zieht man aber davon die bereits oben erhaltene Gleichung $A = 439{,}23 + 2{,}39\,\mathrm{Sin.}^2\varphi$ ab, so erhält man

$$B - A + \varepsilon = x + y\,\mathrm{Sin.}^2\varphi,$$

oder auch, wenn man den Unterschied zwischen dem Resultate B der unmittelbaren Beobachtung und dem Resultate A der Berechnung gleich δ, oder wenn man $B - A = \delta$ setzt,

$$\varepsilon = x + y\,\mathrm{Sin.}^2\varphi - \delta,$$

und dieses ist also die gesuchte Bedingungsgleichung, die zu dieser ersten Beobachtung gehört. Wir wollen diese Bedingungsgleichung überhaupt so ausdrücken:

$$\varepsilon = ax + by - \delta.$$

Eine zweite Beobachtung an diesem oder auch an einem andern Orte giebt ebenso

$$\varepsilon_1 = a_1 x + b_1 y - \delta_1,$$

Digitized by Google

eine dritte

$$\varepsilon_2 = a_2 x + b_2 y - \delta_2 \text{ u. s. f.}$$

und es wird nun darum zu thun seyn, diejenigen Werthe x und y zu finden, die allen diesen Bedingungsgleichunge besten genügen.

Bemerken wir aber zuerst, daſs hier, wie überall i Wahrscheinlichkeitsrechnung, die Anzahl der Beobachtu also auch, da jede Beobachtung eine Bedingungsgleichung die Anzahl dieser Gleichungen *gröſser* vorausgesetzt wird, die Anzahl der durch sie zu bestimmenden Gröſsen x, y, daſs also, wie man zu sagen pflegt, das Problem *meh bestimmt* (*plus quam determinatum*) seyn soll. Wäre näi die Anzahl der Gleichungen *gleich* der Anzahl der unbek ten Gröſsen, oder wäre die Aufgabe eine *bestimmte*, so die Wahrscheinlichkeitsrechnung keine weitere Anwen mehr. Hätte man z. B. für die Pendellänge nur die zwei chungen

$$\varepsilon = a x + b y - \delta$$

und

$$\varepsilon_1 = a_1 x + b_1 y - \delta_1,$$

so würde man diesen Gleichungen am besten oder eig lich nur dann überhaupt Genüge thun, wenn man aus i die beiden Gröſsen x und y auf dem gewöhnlichen Wege Elimination bestimmte, da durch zwei Gleichungen zwei bekannte Gröſsen immer vollkommen bestimmt werden. V endlich die Anzahl der Gleichungen sogar noch kleiner, al Anzahl der unbekannten Gröſsen, so wäre die Aufgabe eine genannte *unbestimmte*, in welcher man nämlich eine oder n rere dieser unbekannten Gröſsen willkürlich oder gewissen v kürlichen Bedingungen gemäſs annehmen müſste, was offe wieder dem Geiste der Wahrscheinlichkeitsrechnung fremd In den Naturwissenschaften ist es aber eine Hauptvorschrift, d Vervielfältigung der Beobachtungen und Versuche sich der ligen Richtigkeit der aus ihnen abzuleitenden Resultate m lichst zu nähern, so daſs man also, wie gesagt, in allen hierher gehörenden Aufgaben die Anzahl der Bedingungsg chungen *gröſser*, oft bedeutend gröſser annehmen muſs, die Anzahl der durch sie zu bestimmenden Gröſsen. Um die wahrscheinlichsten Werthe der Gröſsen x und y aus

Digitized by Google

-higen Gleichungen zu finden, werden wir wieder annehmen, daſs es diejenigen sind, für welche die Summe der Quadrate der Beobachtungsfehler

$$\varepsilon^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \ldots = \Sigma . \varepsilon^2$$

ein Kleinstes ist, oder für welche man hat

$$\partial . \Sigma . \varepsilon^2 = 0 .$$

Da aber die Gröſsen x und y im Allgemeinen von einander unabhängig sind, so ist die letzte Gleichung eigentlich den folgenden beiden gleichgeltend:

$$\left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial x}\right) = 0 \text{ und } \left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial y}\right) = 0 .$$

Die erste dieser Gleichungen giebt, da

$$\varepsilon = a x + b y - \delta$$

ist, wenn man sie aufs Quadrat erhebt,

$$\varepsilon^2 = a^2 x^2 + b^2 y^2 + 2 (a b x y - a \delta x - b \delta y) + \delta^2,$$

und wenn davon das Differential in Beziehung auf x gleich Null gesetzt wird, so hat man

$$a^2 x + a b y - a \delta = 0 .$$

Ebenso giebt die zweite Bedingungsgleichung $\varepsilon_1 = a_1 x + b_1 y - \delta_1$

$$a_1^2 x + a_1 b_1 y - a_1 \delta_1 = 0$$

und die dritte

$$a_2^2 x + a_2 b_2 y - a_2 \delta_2 = 0 \text{ u. s. w.}$$

und wenn man alle diese Gleichungen addirt, um die Summe $\left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial x}\right) = 0$ zu erhalten,

$$x \Sigma . a^2 + y \Sigma . a b - \Sigma . a \delta = 0 \ldots \quad (I).$$

Ganz auf dieselbe Art erhält man auch aus der zweiten der vorhergehenden Gleichungen oder aus $\left(\frac{\partial . \Sigma . \varepsilon^2}{\partial y}\right) = 0$ den Ausdruck

$$y \Sigma . b^2 + x \Sigma . a b - \Sigma . b \delta = 0 \ldots \quad (II),$$

und diese beiden Gleichungen (I) und (II) geben also die gesuchten wahrscheinlichsten Werthe von x und y, die wir wieder, wie oben, durch X und Y bezeichnen wollen. Man erhält nämlich durch Elimination aus diesen beiden Gleichungen, wenn man der Kürze wegen

Digitized by Google

$$k = \Sigma a^2 . \Sigma b^2 - (\Sigma ab)^2$$

annimmt, die folgenden Ausdrücke:

$$X = \frac{1}{k} . \left[\Sigma b^2 . \Sigma a\delta - \Sigma ab . \Sigma b\delta \right]$$

$$Y = \frac{1}{k} . \left[\Sigma a^2 . \Sigma b\delta - \Sigma ab . \Sigma a\delta \right].$$

Kennt man so einmal diese wahrſcheinlichsten Werthe X Y der beiden Gröſsen x und y, so findet man die *Ge* P_x und P_y dieſer Reſultate, so wie die *wahrscheinli Fehler* F_x und F_y derſelben durch die Ausdrücke

$$P_x = \tfrac{1}{2} N . \frac{k}{\Sigma b^2 . \Sigma \varepsilon^2} \text{ und } F_x = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P_x}}$$

$$P_y = \tfrac{1}{2} N . \frac{k}{\Sigma a^2 . \Sigma \varepsilon^2} \text{ und } F_y = \frac{0{,}47694}{\sqrt{P_y}}$$

und endlich die *mittleren* zu befürchtenden Fehler

$$\Phi_x = \frac{0{,}28209}{\sqrt{P_x}}$$

$$\Phi_y = \frac{0{,}28209}{\sqrt{P_y}},$$

wo in den Ausdrücken für P_x und P_y die Gröſse

$$\varepsilon = a\, X + b\, Y - \delta$$
$$\varepsilon_1 = a_1 X + b_1 Y - \delta_1$$
$$\varepsilon_2 = a_2 X + b_2 Y - \delta_2 \text{ u. s. w. ist.}$$

Noch ist übrig, die *Genauigkeit* (oder die Präciſion) G_x ur dieſer zwei Reſultate X und Y, und endlich die wahrſcl lichen Fehler f der einzelnen Beobachtungen ſelbst zu be men. Zu dieſem Zwecke wollen wir die beiden Gleichu (I) und (II) ſo ausdrücken:

$$\xi = - \Sigma a\delta + x . \Sigma a^2 + y . \Sigma ab$$
$$v = - \Sigma b\delta + y . \Sigma b^2 + x . \Sigma ab.$$

Leitet man aus ihnen durch die bekannte Methode dei verſion zwei andere Gleichungen ab, welche die Gröſsen x y durch ξ und v ausdrücken, und welche die Form h werden:

$$\left.\begin{array}{l} x = L + A\xi + Bv \\ y = L' + A'\xi + B'v \end{array}\right\} \ldots \text{(III)},$$

Digitized by Google

so sind $x = L$ und $y = L'$ die wahrscheinlichsten Werthe der Gröſsen x und y, dieselben, die wir schon oben auf einem andern Wege gefunden haben, oder mit andern Worten: es ist

$$X = L \text{ und } Y = L'.$$

Die Genauigkeit dieser Bestimmungen von X und Y aber ist, wenn man die Genauigkeit der einzelnen Beobachtungen gleich der Einheit voraussetzt,

$$\text{für } X \ldots \quad G_x = \frac{1}{\sqrt{A}}$$

und

$$\text{für } Y \ldots \quad G_y = \frac{1}{\sqrt{B'}}.$$

Endlich ist noch, wie zuvor, der wahrscheinliche Fehler f jeder einzelnen Beobachtung

$$f = F_x . G_x = F_y . G_y.$$

Wenden wir diese Ausdrücke auf das folgende Beispiel an, für welches folgende drei Bedingungsgleichungen gegeben seyn sollen:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon &= x + y - 3 \\ \varepsilon_1 &= x - 2y + 4 \\ \varepsilon_2 &= 3x - y - 2 \end{aligned}\right\}$$

Diese Gleichungen geben sofort

$$\Sigma a^2 = 11 \qquad \Sigma b^2 = 6 \qquad \Sigma ab = -4$$
$$\Sigma b\delta = 9 \qquad \Sigma a\delta = 5 \qquad k = 50$$

also sind auch die wahrscheinlichsten Werthe der beiden Gröſsen x und y

$$X = \frac{33}{25} = 1{,}32000 \text{ und}$$

$$Y = \frac{119}{50} = 2{,}38000.$$

Mit diesen Werthen erhält man

$$\varepsilon = X + Y - 3 = 0{,}70,$$
$$\varepsilon_1 = 0{,}56 \text{ und } \varepsilon_2 = -0{,}42,$$

also auch

$$\Sigma . \varepsilon^2 = 0{,}9800.$$

Wir erhalten daher für die beiden obigen Bestimmungen von X und Y die Gewichte

Digitized by Google

$$P_x = \frac{3}{2} \cdot \frac{50}{5{,}88} = 12{,}7551,$$

$$P_y = \frac{3}{2} \cdot \frac{50}{10{,}78} = 6{,}9573.$$

Die wahrscheinlichsten Fehler aber sind

$$F_x = 0{,}13354, \qquad F_y = 0{,}18082$$

und die mittlern zu befürchtenden Fehler

$$\Phi_x = 0{,}0790, \qquad \Phi_y = 0{,}1069.$$

Weiter geben die beiden Gleichungen (I) und (II)

$$\left.\begin{aligned} \xi &= 11\,x - 4\,y - 5 \\ v &= 6\,y - 4\,x - 9 \end{aligned}\right\}$$

woraus man durch Reversion erhält

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{33}{25} + \frac{3}{25}\,\xi + \frac{2}{25}\,v \\ y &= \frac{119}{50} + \frac{4}{50}\,\xi + \frac{11}{50}\,v \end{aligned}\right\}$$

woraus sofort wieder die wahrscheinlichsten Werthe de[r] ſsen x und y oder

$$X = \frac{33}{25} \text{ und } Y = \frac{119}{50}$$

wie zuvor folgen, und wo man zugleich für die Gena[uigkeit] der Bestimmungen dieser zwei Resultate erhält

$$G_x = \sqrt{\frac{25}{3}} = 2{,}8867 \text{ und}$$

$$G_y = \sqrt{\frac{50}{11}} = 2{,}1320.$$

Endlich ist noch der wahrscheinliche Fehler jeder [ei]nen Beobachtung

$$f = F_x \,.\, G_x = F_y \,.\, G_y = 0{,}3855.$$

Man kann aber auch die etwas unbequeme Einführu[ng der] Gröſsen ξ und v ganz entbehren und die Auflösung de[r gan]zen Aufgabe auf folgende einfache Ausdrücke zurück[führen]. Es ist nämlich, alles andere wie zuvor genommen, die Ge[nauig]keit G_x und G_y der Resultate X und Y auch gleich

$$G_x = \sqrt{\frac{k}{\Sigma b^2}} \text{ und } G_y = \sqrt{\frac{k}{\Sigma a^2}},$$

wo wieder $k = \Sigma a^2 . \Sigma b^2 - (\Sigma . ab)^2$, wie zuvor.

In unserm Beispiele war $k = 50$, $\Sigma a^2 = 11$ und Σb[...] also ist auch

$$G_x = 2{,}8867 \text{ und } G_y = 2{,}1320, \text{ wie zuvor.}$$

Digitized by Google

Man ſieht, daſs in dieſem Beiſpiele die Gröſse X genauer beſtimmt iſt als Y und zwar in dem Verhältniſs von

$$\frac{2{,}8867}{2{,}1320}=\frac{1{,}354}{1}.$$

Nach der vorhergehenden Tafel (II) findet man für die Beſtimmung der Gröſse X folgende Grenzen. Für r = 1 iſt $\frac{r}{\sqrt{P_x}}=\frac{1}{\sqrt{12{,}7551}}=0{,}280$, ſo daſs man alſo $\frac{w}{1-w}=5{,}357$ gegen 1 wetten kann, daſs der Fehler von X nicht gröſser als 0,28 iſt. Für r = 2,3276 iſt $\frac{r}{\sqrt{P_x}}=0{,}672$, ſo daſs man 999 oder in runder Zahl 1000 gegen 1 wetten kann, daſs dieſer Fehler nicht gröſser als 0,672 iſt. Für die weniger genau beſtimmte Gröſse Y hat man für r = 1, $\frac{r}{\sqrt{P_y}}=0{,}379$ und

für r = 2,3276, $\frac{r}{\sqrt{P_y}}=0{,}882$,

ſo daſs man alſo 5,357 gegen 1 wetten kann, daſs der Fehler von Y kleiner als 0,379, und 1000 gegen 1, daſs dieſer Fehler kleiner als 0,882 iſt. Ebenſo giebt die Tafel (III) für die Grenzen von Φ_x

	w	$\frac{w}{1-w}$
$\frac{0{,}5}{\sqrt{P_x}}=0{,}140$	0,520	1,085
$\frac{1}{\sqrt{P_x}}=0{,}280$	0,843	5,36
$\frac{2}{\sqrt{P_x}}=0{,}560$	0,995	213,0

und für die Grenzen von Φ_y

	w	$\frac{w}{1-w}$
$\frac{0{,}5}{\sqrt{P_y}}=0{,}189$	0,520	1,085
$\frac{1}{\sqrt{P_y}}=0{,}379$	0,843	5,357
$\frac{2}{\sqrt{P_y}}=0{,}758$	0,995	213,0

Digitized by Google

so daſs man also z. B. nur 1,085 gegen 1 wetten kann, der Fehler von X kleiner als 0,14 ist u. s. w. mit den gen Bestimmungen.

Sollten endlich die einzelnen Beobachtungen unter ei von ungleicher Güte seyn, und ist z. B. c der Wert ersten, c_1 der zweiten, c_2 der dritten Beobachtung u. s. wird man, wie oben in Nr. IV, die gegebenen Beding gleichungen, auſser dem ε, durch die Gröſsen c, c_1, c_2 ... tipliciren und dann mit ihnen wie zuvor verfahren.

VI. Auflösung der Gleichungen mit drei u kannten Gröſsen durch die Methode der klei Quadrate.

Nehmen wir nun an, daſs man durch eine Reihe vo obachtungen *drei* unbekannte Gröſsen x, y und z so b men soll, daſs sie diesen sämmtlichen Beobachtungen am entsprechen.

Hier werden also die Bedingungsgleichungen die fo Form haben:

$$\varepsilon = a x + b y + c z - \delta,$$
$$\varepsilon_1 = a_1 x + b_1 y + c_1 z - \delta_1,$$
$$\varepsilon_2 = a_2 x + b_2 y + c_2 z - \delta_2 \text{ u. s. f.}$$

Sucht man daraus wieder diejenigen Gleichungen, die Summe der Quadrate der Fehler oder welche die Gr

$$\varepsilon^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \ldots = \Sigma\varepsilon^2$$

zu einem Minimum machen oder welche folgenden Ausd entsprechen:

$$\left(\frac{\partial.\Sigma\varepsilon^2}{\partial x}\right) = 0; \left(\frac{\partial.\Sigma\varepsilon^2}{\partial y}\right) = 0 \text{ und } \left(\frac{\partial.\Sigma\varepsilon^2}{\partial z}\right) = 0$$

so erhält man, wie oben in Nr. V, folgende drei Gleich

$$\left.\begin{array}{l} 0 = X.\Sigma a^2 + Y.\Sigma ab + Z.\Sigma ac - \Sigma a\delta \\ 0 = X.\Sigma ab + Y.\Sigma b^2 + Z.\Sigma bc - \Sigma b\delta \\ 0 = X.\Sigma ac + Y.\Sigma bc + Z.\Sigma c^2 - \Sigma c\delta \end{array}\right\}$$

und die Werthe, die man aus diesen drei Gleichung X, Y, Z durch Elimination findet, werden die gesuchten scheinlichsten Werthe der unbekannten Gröſsen x, y, z s

Setzt man dann der Kürze wegen

$$k = \Sigma a^2.\Sigma b^2.\Sigma c^2 - \Sigma a^2.(\Sigma bc)^2 + 2\Sigma ab.\Sigma ac.$$
$$- \Sigma b^2.(\Sigma ac)^2$$
$$- \Sigma c^2.(\Sigma ab)^2$$

Digitized by Google

so sind die Gewichte dieser drei Bestimmungen von

$$X..P_x = \frac{N}{2\Sigma\varepsilon^2} \cdot \frac{k}{\Sigma b^2.\Sigma c^2 - (\Sigma bc)^2}$$

$$Y..P_y = \frac{N}{2\Sigma\varepsilon^2} \cdot \frac{k}{\Sigma a^2.\Sigma c^2 - (\Sigma ac)^2}$$

$$Z..P_z = \frac{N}{2\Sigma\varepsilon^2} \cdot \frac{k}{\Sigma a^2.\Sigma b^2 - (\Sigma ab)^2}$$

wo $\varepsilon = aX + bY + cZ - \delta$ u. s. w. ist.

Ist so das Gewicht P bekannt, so hat man für die mittleren zu befürchtenden Fehler

$$\Phi_x = \frac{0,28209}{\sqrt{P_x}}$$

$$\Phi_y = \frac{0,28209}{\sqrt{P_y}}$$

$$\Phi_z = \frac{0,28209}{\sqrt{P_z}}$$

und für die wahrscheinlichsten Fehler

$$F_x = \frac{0,47694}{\sqrt{P_x}}$$

$$F_y = \frac{0,47694}{\sqrt{P_y}}$$

$$F_z = \frac{0,47694}{\sqrt{P_z}}.$$

Für die Genauigkeit dieser drei Resultate X, Y und Z aber ist

$$G_x = \sqrt{\frac{2P_x.\Sigma\varepsilon^2}{N}}$$

$$G_y = \sqrt{\frac{2P_y.\Sigma\varepsilon^2}{N}}$$

$$G_z = \sqrt{\frac{2P_z.\Sigma\varepsilon^2}{N}}$$

und endlich ist der wahrscheinlichste Fehler jeder einzelnen Beobachtung

$$f = 0,47694 \sqrt{\frac{2\Sigma\varepsilon^2}{N}}.$$

Sind die einzelnen Beobachtungen unter sich von ungleichem Werthe c, c_1, c_2 ..., so multiplicirt man die Bedingungsgleichungen durch diese Werthe und verfährt dann damit, wie zuvor.

Digitized by Google

Nehmen wir als Beispiel folgende vier Bedingung
chungen:

$$\begin{aligned}
\varepsilon &= x + y - 2z - 1 && \text{mit dem Werthe} \quad c = \\
\varepsilon_1 &= \tfrac{1}{3}x - y + \tfrac{1}{3}z - 1 && - \quad - \quad c_1 = \\
\varepsilon_2 &= \tfrac{1}{3}x + \tfrac{1}{6}y - \tfrac{1}{2}z - \tfrac{1}{3} && - \quad - \quad c_2 = \\
\varepsilon_3 &= \tfrac{1}{12}x - \tfrac{1}{3}y + \tfrac{1}{12}z - \tfrac{1}{4} && - \quad - \quad c_3 =
\end{aligned}$$

Multiplicirt man jede dieser Gleichungen mit dem ih
sprechenden Werthe c, so erhält man dafür folgende vie
dingungsgleichungen:

$$\left.\begin{aligned}
\varepsilon &= x + y - 2z - 1 \\
\varepsilon_1 &= x - 3y + z - 3 \\
\varepsilon_2 &= 2x + y - 3z - 2 \\
\varepsilon_3 &= x - 4y + z - 3
\end{aligned}\right\}$$

Diese letzten Gleichungen geben

$$\begin{aligned}
\Sigma a^2 &= 7; & \Sigma ab &= -4; & \Sigma a\delta &= +11 \\
\Sigma b^2 &= 27; & \Sigma ac &= -6; & \Sigma b\delta &= -18 \\
\Sigma c^2 &= 15; & \Sigma bc &= -12; & \Sigma c\delta &= -2.
\end{aligned}$$

Wir erhalten demnach für jene drei Gleichungen zwi
X, Y und Z

$$\left.\begin{aligned}
0 &= 7X - 4Y - 6Z - 11 \\
0 &= 4X - 27Y + 12Z - 18 \\
0 &= 6X + 12Y - 15Z - 2
\end{aligned}\right\}$$

woraus man durch Elimination folgende wahrscheinlichste
the oder Gröſsen x, y und z findet:

$$\begin{aligned}
X &= +1{,}9231 \\
Y &= -0{,}1538 \\
Z &= +0{,}5128.
\end{aligned}$$

Substituirt man diese Werthe in den obigen Ausdrü
für ε, so erhält man

$$\varepsilon = X + Y - 2Z - 1 = -0{,}2563$$

und ebenso $\varepsilon_1 = -0{,}1027$; $\varepsilon_2 = 0{,}1540$; $\varepsilon_3 = 0{,}0511$
daher auch

$$\Sigma\varepsilon^2 = 0{,}1025$$

und k = 39, so wie N = 4 die Anzahl der Beobachtun
Dieses vorausgesetzt erhält man für die Gewichte
drei Resultate X, Y und Z folgende Ausdrücke:

$$P_x = 2{,}9136; \quad P_y = 11{,}0211; \quad P_z = 4{,}3957.$$

Die mittlern zu befürchtenden Fehler sind

$$\Phi_x = 0{,}1652; \quad \Phi_y = 0{,}0850; \quad \Phi_z = 0{,}1345;$$

Digitized by Google

die wahrscheinlichsten Fehler aber sind

$$F_x = 0{,}2794;\quad F_y = 0{,}1437;\quad F_z = 0{,}2275$$

und für die Genauigkeit dieser Resultate hat man

$$G_x = 0{,}3865;\quad G_y = 0{,}7518;\quad G_z = 0{,}4748.$$

Endlich ist der wahrscheinlichste Fehler jeder einzelnen Beobachtung

$$f = 0{,}47694 \sqrt{\frac{2\Sigma\varepsilon^2}{N}} = 0{,}1080,$$

also auch der wahrscheinlichste Fehler

$$\text{der Isten Beobachtung } \frac{f}{c} = 0{,}108$$

$$\text{— IIten — } \frac{f}{c_1} = 0{,}036$$

$$\text{— IIIten — } \frac{f}{c_2} = 0{,}018$$

$$\text{— IVten — } \frac{f}{c_2} = 0{,}009.$$

Man sieht aus diesen Ausdrücken, daſs von den drei Gröſsen X, Y und Z die erste X am wenigsten genau, Y aber am genauesten bestimmt ist, wie es die Natur der Sache fordert. Auch kann man nach der Tafel II die Zahl 1000 gegen 1 wetten, daſs der Fehler

von X nicht gröſser als $\pm$ 1,36
- Y — — - $\pm$ 0,70
- Z — — - $\pm$ 1,11 ist.

Das Vorhergehende wird in den meisten Fällen, die in der Physik vorkommen, hinreichend erscheinen, um die gewünschten Reductionen der Beobachtungen und ihrer Resultate mit Sicherheit und Bequemlichkeit zugleich auszuführen.

L.

Wanken der Erdaxe.

M. s. darüber den Artikel *Nutation*, sowie den Art. *Vorrücken der Nachtgleichen* in der Abtheilung *Nutation* am Ende dieses Artikels (S. 2162 ff.). *L.*

Digitized by Google

Wassersäulenmaschine.

Machine à Colonne d'eau.

Eine vollständige Untersuchung dieser Maschine g eigentlich in das Gebiet der praktischen Maschinenlehre, zwar speciell zur hydrodynamischen Abtheilung derselben; aber in diesem Werke auch sonstige Maschinen, namentli Beziehung auf die ihnen zum Grunde liegenden physikali Gesetze, in so weit kurz beschrieben sind, als erfordert um eine allgemeine Kenntniſs ihrer Beschaffenheit und Leistungen zu erhalten, so möge eine solche kurze Besc bung auch dieser zu Theil werden. Wem es darum zu ist, eine nähere Kenntniſs ihrer einzelnen Theile und des sie zu erreichenden Nutzeffectes zu erhalten, der findet in den unten angegebenen gröſseren Werken.

Bei allen hydraulischen Maschinen wird der zu erreicl Effect bedingt durch die Masse des in einer gegebenen Ze benutzenden Wassers und durch die Höhe seines Falles, die Masse des sich bewegenden Wassers groſs, seine Fall aber klein, so benutzt man es zu unterschlächtigen Mühlrä ist dagegen jene klein und diese groſs, zu mittel- oder schlächtigen Rädern[1], aber auch diese können eine ge Höhe nicht übersteigen, um nicht allzu unbequem zu we und wenn daher die Fallhöhe zu groſs ist, etwa 40 Fuſs i steigt, die Wassermasse aber zu klein ist, um für ein Ge die erforderliche Kraft zu geben, sokönnte man noch das *ner'sche Wasserrad*[2] benutzen, dessen Anwendung bei al groſser Höhe jedoch gleichfalls groſse, bis zu den unüberw lichen steigende, Schwierigkeiten darbietet. In solchen Fi pflegt man das Gefälle zu theilen und zwei oder mehrere der so über einander anzulegen, daſs das nächst tiefer lieg durch das von dem höhern abflieſsende Wasser bewegt v In den bei weitem meisten Fällen dieser Art ist es aber k möglich, die hierdurch erzeugte Kraft zu vereinigen und einen Punct zu concentriren; ganz unmöglich wird dieses wenn kleine Gieſsbäche mehrere, durch längere und wenig

1 Vergl. Art. *Rad*. Bd. VII. S. 1180.
2 Vergl. ebend. S. 1186.

Digitized by Google

neigte Flächen unterbrochene Gefälle haben, oder wenn geringhaltige Quellen durch ihren längeren Lauf gänzlich versiegen, und dennoch bedarf man dieser, in groſsen Höhen sich befindender, oft sehr, namentlich um die Grubenwasser zu heben. Eine zweckmäſsige Benutzung derselben in diesen Fällen erhält man durch die *Luftmaschine* oder die *Höll'sche* Maschine[1], doch wendet man diese besonders in den neueren Zeiten seltener an, als die Wasserſäulenmaschinen, deren einige mit sehr groſsem Nutzen erbaut worden sind, und bei denen zwar die Reibung einen groſsen Theil der Kraft wegnimmt, wogegen sie aber des so schwierig zu erreichenden luftdichten Schlieſsens nicht bedürfen.

Die *Wasserſäulenmaschinen* beruhen im Allgemeinen auf dem hydrostatischen Fundamentalgesetze, daſs das Wasser einen Druck ausübt, welcher dem Gewichte eines Wasserprisma's von der gegebenen Fläche und der lothrechten Höhe vom Schwerpuncte dieser Fläche bis zum Wasserspiegel gleich ist. Bei geringer Wassermenge und bedeutender Höhe läſst man daher das Wasser in einer verhältniſsmäſsig engen Röhre herabsinken, führt deren untere Oeffnung in einen weiten Stiefel, in welchem ein Embolus durch diesen Druck bewegt wird, und läſst dann das Wasser nach dieser Wirkung durch einen geöffneten Hahn abflieſsen, woraus der Embolus durch das eigene Gewicht der mit ihm verbundenen Maschinentheile, oder durch die Kraft eines zweiten, mit ihm vereinten, Embolus, oder endlich durch den Wasserdruck gegen seine entgegengesetzte Fläche wieder herabgeht, seine erste Bewegung aber, und auch wohl die letzte, zur Betreibung der verlangten Maschine benutzt wird. Die Bewegung des Kolbens ist entweder eine horizontale, oder bei weitem in den meisten Fällen eine verticale; auch haben die Maschinen entweder nur einen Stiefel und sind einfach wirkend, neuerdings aber wählt man häufiger zwei Stiefel, noch häufiger aber einen doppelt wirkenden Stiefel, wodurch man zugleich in den Stand gesetzt wird, ein Schwungrad anzubringen, um eine fortwährend ununterbrochene gleichmäſsige Bewegung zu erhalten. Ist der Druck des Wassers zum Heben des Embolus benutzt, so muſs dasselbe abflieſsen, um das unterdeſs wieder zuflieſsende zu einer neuen Hebung zu benutzen;

---

1 S. Art. *Pumpe*. Bd. VII. S. 976.

Digitized by Google

der Wasserzufluſs der Fallröhre muſs daher abgesperrt, da Stiefel befindliche Wasser aber abgelassen werden, wozu e nes Krahns mit wechselnder Drehung bedarf. Die erfo liche Stellung desselben könnte zwar durch einen Arbeiter schehn, allein dieses würde nicht bloſs kostspielig und w möglicher Vernachlässigung nachtheilig, sondern auch bei len Maschinen, die in tiefe Bergwerksschachte herabgehn, w des ungesunden Aufenthaltes fast unausführbar seyn, und brachte daher schon früher Selbststeuerung an; auch w die jetzt so ungemein fortgeschrittene Mechanik einen Vor darin finden, wenn man ihr nicht zutrauen wollte, hierfür zw mäſsige Vorrichtungen aufzufinden. Bei den älteren Masch brachte man zu diesem Zwecke einen Fallklotz an, welcher der Maschine gehoben wurde und durch sein Herabfallen wechselnde Oeffnen und Verschlieſsen der Hahnen bewir weil dieses aber mit bedeutender Erschütterung verbunden so wählte man später Fallhämmer, zuletzt aber Kolbensteuer

Da hiernach das Princip dieser Maschinen selbst in sei mannigfaltigen Modificationen sehr einfach ist, die spec Einrichtung aber durch die jedesmalige Localität bedingt w so muſs man zur allgemeinen Kenntniſs des Einzelnen specielle Maschine genauer untersuchen, zur vollständigen I sicht der Sache aber wird erfordert, die bereits hergerichte und namentlich den damit erzielten Nutzeffect sich bekannt machen, um für einen individuellen Fall das Beste daraus entnehmen. Da diese Aufgabe aber zunächst bloſs für Ingeni und praktische Baumeister gehört, so genügt es hier, die Qu len nachzuweisen und die wesentlichsten Stücke nach e der besseren Maschinen zu erläutern. Die erste Maschine di Art wurde in Frankreich durch Denizard und de la Duai im Jahre 1731 gebauet. Das Wasser einer kleinen Quelle g in einer 9 Fuſs langen Fallröhre nieder, trieb hierdurch ei Kolben, und dieser hob ungefähr den zwanzigsten Theil viel Wasser, als die Quelle selbst enthielt, bis zu 32 F Höhe[1]. Im Jahre 1748 legte der Ingenieur Winterschmi eine Wassersäulenmaschine zur Wältigung des Grubenwass in den Bergwerken des Harzes an, sie leistete aber den

---

1 Recueil des Machines approuv. par l'Acad. R. des Sc. T. p. 259. Belidor Archit. hydr. T. II. Liv. IV. §. 1787. p. 54.

Digitized by Google

zielten Nutzen nicht, und wurde daher bald wieder abgebauet[1]; hiernach kann die von J. K. Höll 1749 im Leopoldi-Schachte zu Schemnitz erbaute, mit einem Klotze zur Selbststeuerung versehene, Maschine als diejenige gelten, welche den späteren zum Muster diente[2], deren mehrere in den Silberbergwerken Ungarns sich befinden[3]. Seitdem bediente man sich derselben auch in den Bleibergwerken Kärnthens, unter denen die zu Kreuth unweit Bleiberg im Jahre 1830 von dem Markscheider J. Florian hergestellte, sehr gelungen zu nennende, von v. Gerstner nach allen ihren Theilen genau beschrieben worden ist. In den sächsischen Bergwerken[4] erbaute der Maschinendirector Mende schon in früheren Zeiten einige solche Maschinen, die aber wieder eingegangen sind, indem sich gegenwärtig nur drei daselbst befinden. Zu den bedeutendsten, gröſsten und merkwürdigsten Maschinen dieser Art gehören die durch v. Reichenbach zur Hebung der Soole zu Illsang u. s. w. in Baiern angelegten. Der gesammte Riesenbau ist angelegt, um die Soole von Reichenbach, wo es an Brennmaterial fehlt, nach Rosenheim zu fördern. Letzterer Ort ist 21 franz. Meilen entfernt; man muſs, um dahin zu gelangen, in mehreren Absätzen 2301 Fuſs aufſteigen, und dann 2051 Fuſs wieder herabsteigen, wonach der Höhenunterschied 250 Fuſs beträgt. Die Hebung geschieht durch 11 Maschinen, von denen 8 Wassersäulenmaschinen, die 3 übrigen Pumpwerke mit Mühlrädern sind. Eine der neuesten Maschinen dieser Art ist ferner die, welche Juncker zu Huelgoat im Departement Finisterre nach Reichenbach'schen Principien anlegte[5].

Um eine ungefähre Uebersicht der älteren Maschinen zu erhalten, dürfte wohl die alleralteste, von Denizard und de la Duaille in Frankreich erfundene, nach der Beschreibung von Belidor hier einen Platz verdienen. Ihr einfacher, Fig. 89.

1 F. G. Busse Betrachtung der Winterschmidt-Höll'schen Wassersäulenmaschine u. s. w. Freib. 1804.

2 N. Poda kurzgefaſste Beschreibung der bei dem Bergbau zu Schemnitz errichteten Maschine. Prag 1771. 8.

3 Delius Anleitung zur Bergbaukunst. Wien 1773. Vergl. Schitko Beiträge zur Bergbaukunde. Wien 1834. Hft. II.

4 Nach Mittheilungen des Maschinendirectors Brendel in v. Gerstner's Handbuch der Mechanik. Th. II. S. 570 ff.

5 Dingler's polytech. Journ. Th. LIX. S. 74.

für die damalige Zeit sehr sinnreicher Bau wird durch die Z
nung deutlich, auſserdem aber verdient sie noch deswegen
sondere Berücksichtigung, weil sie einen Theil des Aufsch
wassers zu einer gröſsern Höhe fördert, als wovon dieses
abfällt, statt daſs alle spätere Wasser, welches sich in grö
Tiefe befindet, bis dahin heben, wo das verbrauchte Druck
ser abflieſst. Bei der im verticalen Durchschnitt gezeich
Maschine ist A das Druckrohr, welches durch den Hahn s
geschlossen wird, wenn die Maschine stillstehen soll. Un
Spiel der Maschine leichter zu verstehen, wollen wir anneh
das im Raume C befindliche Ventil gestatte dem in dem S
M befindlichen Druckwasser den Ablauf, während das W
durch die Röhre A A′ in die engere a a gelangt. Ist dann
Hahn v′ verschlossen, der untere v aber geöffnet, so wir
in den Stiefel m eindringende Wasser den Embolus b
mittelst der gemeinschaftlichen Stange auch den Embolus
lange zurückdrücken, bis letzterer die Wandung des Ge
C mit seinem unteren Boden berührt, wodurch die Mas
zum Stillstande kommen muſs. Alsbald wird der Hal
verschlossen, der obere v′ aber und das Ventil im Behält
welches dem Wasser den Zutritt in den Stiefel M gest
geöffnet; dieses treibt durch seinen stärkeren Druck den K
B, so wie den an der gemeinschaftlichen Stange befestigt
zurück, welcher letztere dann das im Stiefel m befind
Wasser in den Windkessel D preſst, und durch die Röhr
zu gröſserer Höhe hebt, als von welcher das Druckw
herabfällt.

Zur Kenntniſs der später allgemein eingeführten Masch
kann die sehr verkleinerte Zeichnung der zu Kreuth befi
Fig. 90. chen dienen[1]. Die Fallröhre a a, wovon nur das untere
zu sehn ist, kann nach der Localität sowohl lothrecht,
auch geneigt, und nach Umständen selbst verschiedentlich
bogen seyn, denn es kommt dabei bloſs die verticale Dr
höhe in Betrachtung, auch dann, wenn erfordert würde,
bald aufsteigen, bald herabgehn zu lassen, was jedoch in
Regel nicht nöthig, auf jeden Fall unbequem, kraftraubend
kostspielig ist. Sie besteht allezeit aus einzelnen, genau
serdicht verbundenen Röhrenstücken. Gegenwärtig würde

1 Die Zeichnung findet sich in v. Gerstner's Werke. Taf. 9

gewiſs keine anderen als guſseiserne Röhren in Anwendung bringen, doch sind die meisten der in holzreichen Gegenden vorhandenen am obern Theile von Holz. Ihre Weite richtet sich nach der Wassermasse, die in ihnen herabflieſsen soll, und man wählt sie der Kosten wegen nicht weiter, als hierzu erforderlich ist. Die guſseisernen Röhren der hier gezeichneten Maschine bestehen aus 6 Fuſs langen Stücken, deren innerer Durchmesser 3,75 Zoll beträgt, wonach sie bei 0,5 Zoll Dicke der Wandungen 11,04 Quadratzoll Querschnitt haben. Es versteht sich übrigens von selbst, daſs man zur Ersparung der Kosten diese Eisendicke nach unten zunehmend, dem vermehrten Wasserdrucke proportional, wählen könnte. Die lothrechte Höhe dieser 54 Klafter langen Röhre beträgt 43 Klaftern, und sie leitet das Druckwasser mittelst der durch die Scheibe A erzeugten Steuerung abwechselnd in die Stiefel b, b′, deren Kolbenstangen die Scheibe B nach der einen und nach der entgegengesetzten Richtung umdrehen. Die an dieser Scheibe befindlichen Ketten treiben die über den Frictionsrollen *a*, *a*, *a*; *a*′, *a*′, *a*′ laufenden Stangen c c, c′ c′, welche an ihrem unteren Ende die Drehungen der Scheibe C bewirken, die alsdann durch einen ähnlichen Mechanismus die Stangen der beiden Saug- und Druck-Pumpen d und d′ bewegt, welche das Wasser bis zu 72 Klaftern in der Röhre e, e, e hinaufpressen, wo es nebst dem aus b und b nach geleistetem Drucke ablaufenden Wasser durch den Stollen m m seinen Abfluſs erhält. Die Kosten dieser Maschine betrugen im Ganzen 8862 Gulden, und sie hebt mit 8 Hüben in einer Minute 5 niederösterreichische Kubikfuſs Wasser zu einer senkrechten Höhe von 72 Klaftern, vorausgesetzt, daſs sie stets in guter Ordnung und in gehöriger Schmiere erhalten wird.

Für die Bergwerke zu Kongsberg hat der Director Steenstrup ein Modell einer zu errichtenden Waſſerſäulenmaſchine verfertigt, jedoch soll die neue Construction erst einer näheren Prüfung unterworfen bleiben, ehe sie zur Ausführung gebracht wird[1]. Daſs man die Stiefel, die Kolben und Kolbenstangen gegenwärtig besser zu fabriciren weiſs, als ehemals, versteht sich von selbst, und sonach besteht die wesentlichste Verbesserung in den Schieberventilen, die er statt der Hahnen wählt, die

1 Dingler's polytech. Journ. Th. LXXI. S. 184.

schwer zu verfertigen sind und sich schnell abzunutzen
gen, insbesondere wenn das Wasser, was so oft der Fal
feine Kieselerde mit sich führt[1]. Die Schieberventile w
durch eine Stange bewegt, die durch eine Stopfbüchse in
Kasten geht, aus welchem das Aufschlagewasser zum
oder andern Stiefel gelangt, und die mit einem gezahnten
tor versehen ist, dessen Zähne in das horizontale Getrieb
aufgeschliffenen Schiebers eingreifen. Solche Ventile sind
Fig. wiſs sehr zweckmäſsig. Im Boden des hinlänglich st
91. Kastens A münden drei Röhren, α, β und γ; die beiden e
communiciren mit den beiden Stiefeln, die letztere vers
dem benutzten Aufschlagwasser den Abfluſs. Durch die
schiebung des Ventils wird abwechselnd die letztere mit
der beiden ersteren in Verbindung gesetzt, während durch
andere das Druckwasser unter den Embolus gelangt. I
Verschiebung soll durch eine Vorrichtung geschehen, die
dem anfangs in Anwendung gebrachten Fallklotze einige A
lichkeit hat und die auch bei der Prüfung durch Bob
Keilhau und Lammers als unzweckmäſsig verworfen wu
Statt sie hier zu beschreiben, wird genügen, nur zu bemer
daſs es keine schwierige Aufgabe ist, einen Mechanis
anzuwenden, mittelst dessen jeder der zwei aufsteigenden K
ben am Ende seines Aufsteigens eine schnelle und vollstän
Verschiebung des Ventils bewirkt, worauf dann beim erfolg
den Abfluſs des Druckwassers dieser sogleich herabsinken,
zweite Embolus aber in Folge des gegen ihn ausgeübten D
ckes sofort aufsteigen wird. Daſs der Kolben der vorgesc
genen Maschine aus einem Cylinder von der Länge des Sti
besteht und sich in einer Stopfbüchse, wie bei Brama
Presse, bewegt, ist eine wesentliche, in neueren Zeiten bei
Pumpen gewöhnliche Verbesserung.

Um eine für unseren Zweck genügende Vorstellung von
in neuester Zeit so sehr verbesserten Constructionen der W
sersäulenmaschinen zu erhalten, wird es genügen, eine von
durch v. Reichenbach angelegten kurz zu beschreiben. V

1 Das Aufschlagwasser läſst man wohl allgemein, namentlich
den von v. Reichenbach erbaueten Maschinen, vorher durch mehr
stets feinere, Siebe fallen; allein die Kieselerde ist mitunter so f
daſs sie selbst durch Leinen dringt.

sich die Mühe giebt, die sämmtlichen, bei diesem Riesenbaue angebrachten Maschinen genau zu studiren, der gelangt hierdurch zur vollständigsten Kenntniſs alles dessen sowohl im Ganzen als auch in den einzelnen Theilen, was zur Construction derselben erforderlich ist. Bisher in der Hydraulik noch nicht versucht ist unter andern die Leistung einer derselben zu Ilsang, anderthalb Stunden von Berchtesgaden, welche die Soole vermittelst eines Druckwerkes durch einen Stiefel von 11,25 Zoll Durchmesser in 4,5 Zoll weiten Röhren von 3506 Fuſs Länge zu einer senkrechten Höhe von 1218 Fuſs hebt. Das hierzu gebrauchte Druckwasser fällt mit einem Gefälle von 24 Fuſs wieder auf eine in jener Gegend unentbehrliche Mahlmühle zurück. Sie ist eine einfach wirkende, es dürfte aber angemessener seyn, eine doppelt wirkende, wie die zu Nagling, Weiſsbach und Nösselgraben befindlichen sind, hier zu beschreiben[1].

Das Aufschlagwasser oder Druckwasser fällt aus einer Höhe von 140 Fuſs durch die Röhre ab herab. Am Ende b Fig. 92.
dieser Röhre befindet sich ein (in der Zeichnung nicht angegebener) Hahn, welcher dazu dient, das Aufschlagwasser abzusperren. So wie die Kolben gezeichnet sind, gelangt das Wasser aus der Röhre b durch die Oeffnung i unter den Embolus fg des Kraftcylinders AB und treibt diesen in die Höhe, während das über demselben befindliche durch die Röhre h entweicht und aus der Oeffnung j in den Kasten 11; 11 abflieſst. Die nach unten verlängerte Stange dieses Embolus hat am unteren Ende den Kolben m der Saug- und Druckpumpe E, welche gleichfalls doppelt wirkend ist. Durch die Bewegung desselben wird die Soole aus der Röhre rr′ aufgesogen, gelangt in den Behälter D, von da in die Kugel u (einen Windkessel), und wird von hier aus in der Röhre yz zu Höhen emporgepreſst, die zu Nagling 370 Fuſs, zu Weiſsbach 125 Fuſs und zu Nösselgraben 400 Fuſs betragen. Hat der Embolus fg seine gröſste Höhe erreicht, so werden die an einer gemeinschaftlichen Stange befestigten Kolben e und d plötzlich

1 Nach v. Langsdorf's Maschinenkunde. Bd. I. S. 746. Von diesem entnommen aus der deutschen Uebersetzung von Villefosse's Werke, welche ich nicht zur Hand habe. Vergl. Dingler's polytech. Journ. Th. IX. S. 145.

Digitized by Google

herabgedrückt, so daſs d unter die Röhre i und e d
unter die Röhre h zu stehen kommt. Hiernach flieſ
unter dem Embolus fg befindliche Wasser durch die R
und die Oeffnung j in den Kasten 11; 11, das Druck
aus der Röhre b gelangt dagegen durch die Röhre c übe
Embolus e weg durch die Röhre h in den oberen Th
Druckcylinders A, und drückt den Embolus fg mit g
Kraft, als er vorher gehoben wurde, wieder herab. Gleic
mit diesem Embolus geht auch der Kolben m der Saug
Druckpumpe F herab, saugt die Soole aus dem Kasten
wobei das Ventil t sich schlieſst, das Ventil x aber sich
und drückt die unter ihm befindliche Soole durch die Oe
u in einen gleichen Kasten, als D, welcher hinter diesem
und dessen Einfluſsröhre bei r, dessen Ausfluſsröhre aber
mit den gezeichneten vereint sind. Dieses Wechselspiel,
ches sich ohne Unterbrechung wiederholt, wird durch
kleine Wasserſäulenmaschine bewirkt, die sich in dem Cy
E befindet, und deren Kolben k an der nämlichen Stange
sitzt, an welcher sich die beiden Kolben e und d bef
Das Wasser wird dieser kleinen Maschine durch die Rö
zugeführt, und tritt durch die Röhre 7 oder 8 unter oder
den Kolben k, je nach der Drehung des Hahns 6, flieſs
durch eben diese Röhren und die Röhre 10 in den Kast
ab. Die Steuerung des Hahns 6 wird auf verschiedene
bewirkt, bei der hier gezeichneten geschieht sie auf fol
Weise. In dem gewählten Momente des Aufsteigens des
Fig. bens fg hat der Hahn 6 die durch die Figur P darge
93. Lage, indem das Wasser aus der Röhre 9 durch den Hah
die Röhre 8 unter den Kolben k gelangt ist und diesen i
Höhe gehoben hat, das Wasser über demselben aber durc
Röhre 7 und den Hahn 6 in die Röhre 10 getreten, un
dieser in den Kasten 11 abgeflossen ist. Hierbei bezei
die punctirte Linie 5 die Stellung des Hahnschlüssels. I
Kolben gf im Begriff, seinen höchsten Stand zu erreichen
drückt die an seiner Stange befindliche Scheibe 1 gegen
schiefen Arm 2 an der verticalen Stange 3 und drehet diese
tere um ihre verticale Axe, und damit zugleich den A
dessen äuſserstes Ende den Schlüssel 5 in einer Gabel g
hält, in einer horizontalen Ebene so weit herum, bis er d
nige Stellung annimmt, die in der Figur Q ausgedrück

Digitized by Google

Das Wasser dringt durch die Röhre 9 und den Hahn in die Röhre 7, gelangt hierdurch über den Kolben k und drückt ihn herab; das unter ihm befindliche Wasser aber flieſst durch das Rohr 8, den Hahn und die Röhre 10 in den Kasten 11. Geht der Kolben f g herab, so erreicht am Ende des Niederganges die Scheibe 1 den Arm 12, und der Hahn erhält durch eine entgegengesetzte Drehung die in P angegebene Lage wieder.

Die wesentlichste Verbesserung der neuerdings errichteten Wassersäulenmaschinen beruhet auf der Anbringung des Windkessels, welcher verhütet, daſs die Säule der zu hebenden Flüssigkeit ganz zum Stillstande kommt und bei dem Wechsel des Pumpenganges aus der Ruhe wieder in Bewegung gesetzt werden muſs. Aus gleichem Grunde haben die doppelt wirkenden Maschinen einen entschiedenen Vorzug, denn bei den einfach wirkenden kommt das Wasser der Drucksäule während des Rückganges des Embolus gleichfalls zum Stillstande, die Hemmung seiner Bewegung, hauptsächlich wenn diese in nicht sehr weiten Röhren etwas schnell ist, wirkt nachtheilig auf die Maschinentheile, und ist die Druckwassersäule einmal zum Stillstande gekommen, so dauert es bei bedeutenden Höhen lange, bis die unten beginnende Bewegung sich bis zum Wasserspiegel fortpflanzt. Will man keine doppeltwirkende wählen, und scheinen statt der Kolben die in Stopfbüchsen sich bewegenden Cylinder vorzüglicher, so ist es räthlich, zwei einfachwirkende Cylinder so zu verbinden, daſs das Aufsteigen und Niedergehen beider Kolben wechselt. Weil das Wasser bei seiner Bewegung in Röhren um so viel mehr an Geschwindigkeit verliert, je länger die Röhren und je mehr sie gekrümmt sind[1], so steigt die Wirksamkeit der Wassersäulenmaschinen in dem Verhältnisse, als die Zuleitungsröhre sich der geraden, senkrechten Linie nähert. Sind Biegungen und geneigte Richtungen unvermeidlich, so dürfen jene nicht einen spitzen, überhaupt keinen scharfen Winkel bilden; besser ist es dagegen, allmälige Krümmungen zu wählen. Beiden Hindernissen endlich wird durch gröſsere Weite der Röhren am besten begegnet. Sind alle Maschinentheile gut eingerichtet, so kann man 0,4 bis 0,5 der theoretisch bestimmten Druckkraft erreichen[2]. *M.*

1 Vergl. Art. *Röhre.* Bd. VII. S. 1413.

2 Die vorzüglicheren Werke, worin man mehr oder minder vollständige Belehrung über den Bau dieser Maschinen nebst den erläu-

ternden Zeichnungen findet, so wie auch Berechnungen des Nutz
tes, den sie leisten, sind folgende. Handbuch der Mechanik v
F. Ritter v. Gerstner. Wien 1834. 4. Bd. III. S. 355. Alle ei
Theile der älteren Waſſerſäulenmaschinen sind in genügend gr
Maſsſtabe auf den zugehörigen Tafeln gezeichnet, namentlich s
sie sich zu Kreuth an der dortigen Maschine befinden; der Tex
hält eine genaue Beschreibung derselben und allgemeine Formel
Berechnung des Nutzeffectes, zugleich mit Anwendung auf die
Erfahrung gefundenen Resultate. Die Hauptschwierigkeit diese
rechnungen liegt in der nur schwer scharf zu bestimmenden Re
Lehrbuch der Hydraulik, mit beständiger Rücksicht auf die Erfa
Von C. Ch. Langsdorf. Altenb. 1794. 4. S. 362. Man findet ei
taillirte, durch Figuren erläuterte, Beschreibung der Höll'sche
schine zu Schemnitz, und allgemeine Formeln zur Berechnu
Nutzeffectes. Einen Auszug aus dieser Beschreibung und eine
der dort gezeichneten Maschine giebt Poppe in: Encyklopädie d
sammten Maschinenwesens. Leipz. 1810. Th. V. S. 394. Sehr au
lich und gründlich ist der Gegenstand behandelt in: Ausfüh
System der Maschinenkunde mit speciellen Anwendungen bei m
faltigen Gegenständen der Industrie. Von K. C. v. Langsdorf.
delb. 1826. 4. Bd. I. S. 729. Hierin findet man zuerst allg
Betrachtungen mit Beziehung auf das Lehrbuch der Hydraulik,
eine ausführliche, aus dem sogleich zu nennenden Werke entno
Beschreibung der merkwürdigen Anlagen, die zu Reichenhall,
tesgaden u. s. w. gröſstentheils durch v. Reichenbach ausgeführt
sind. Da die Leitung der Soole über Berge und Thäler geführt ist,
sich hiernach ihre unglaubliche Länge schon im voraus ahne
nicht minder die Menge der Waſſerkünste, die zu ihrer Hebu
forderlich sind. Von der Grube oder den Reservoiren bei Be
gaden bis nach Reichenhall beträgt die Länge der Leitung 97281
sche Fuſs, und die Soole wird auf dieser Strecke in drei A
zuerst 50 Fuſs, dann 311 Fuſs und endlich 1218 Fuſs senk
Höhe gehoben. Die zweite Strecke von Reichenhall bis Hamn
eine Länge von 72618 Fuſs, und es finden sich auf derselben 6
gen, die erste von 44 Fuſs, die zweite von 190, die dritte v
die vierte von 400, die fünfte von 125 und die sechste von 37
Von hier aus geht eine, schon früher angelegte, Leitung zur Sal
Traunstein, die neuere aber, von Hammer bis Rosenheim, h
Länge von 200190 Fuſs, und die Soole wird auf dieser letzten
fünfmal, zu Siegsdorf 200 Fuſs, zu Klaushäusel 175 Fuſs, zu B
200 Fuſs, zu Mühlthal 180 Fuſs und zu Rosenheim 44 Fuſs g
Die ganze Länge der Leitung beträgt sonach 370089 baiersch
der Höhen-Unterschied vom Anfangspuncte zu Berchtesgad
Rosenheim ist 282 Fuſs, weil aber abwechselnd Berge und
übersetzt werden müssen, so beträgt die Gesammtsumme der Hel
die durch die verschiedenen Maschinen erzielt wird, 3727 Fuſs.
dorf giebt auſserdem eine kurze, durch Figuren erläuterte, Be
bung der Waſſerſäulenmaschine zu Bleiberg in Kärnthen, und

Digitized by Google

praktische Bemerkungen nebst Formeln zur Berechnung des Nutzeffectes. Zu den gehaltreichsten Werken über diesen Gegenstand gehört ferner: De la Richesse minérale u. s. w. par A. M. Héron de Villefosse. Par. 1819. 4. T. III. p. 115. Hier findet man auſser allgemeinen Bemerkungen die durch schöne Zeichnungen erläuterten Beschreibungen der Wassersäulenmaschine auf dem Harze, der von Baldauf für das Bergwerk Beschertglück im sächsischen Erzgebirge construirten, so wie auch der eben erwähnten zu Berchtesgaden und zu Bleiberg in Kärnthen. Bei weitem nicht erschöpfend über diese Maschinen handelt Borgnis in: Traité complet de mécanique, und zwar in: Théorie de la mécanique usuelle. Par 1821. 4. p. 172, wo man bloſs einige allgemeine Bemerkungen findet, und in: Machines hydrauliques. Par. 1819. 4. p. 84, wo die Maschinen von Denizart und de la Duaille, nach Brisson's Angaben, und die von Höll beschrieben und durch keineswegs genügende Figuren erläutert werden. Nur dürftig ist ferner die Aufgabe behandelt in: Traité de Mécanique industrielle cet. Par M. Christian. Par. 1822. 4. T. I. p. 392. Durch zwei Figuren werden eine einfache und eine doppeltwirkende Maschine in ihren Haupttheilen nach der neuesten Construction erläutert, aus denen man einen allgemeinen Begriff ihres Baues entnehmen kann, indem sie eine deutlichere Vorstellung geben, als man aus der allzukurzen Beschreibung zu erhalten vermag. Reichhaltiger ist Hachette Traité élémentaire des Machines. 4me édit. Par. 1828. 4. Dieser beschreibt p. 165 u. 185 die zuerst bekannt gewordene Maschine nach Belidor Architectura hydraulica. Par. 1736 u. 1737. IV T. 4. und erläutert ihren Bau durch zwei instructive Figuren, woraus man ersieht, daſs hierbei schon der Windkessel angebracht ist. Es war daher Unkunde der Sache, daſs dieser bei den späteren Maschinen weggelassen wurde. Auſserdem findet man eine sehr kurze Beschreibung der durch v. Reichenbach in Baiern angelegten und der von Trevithick (in Nicholson's Journ. T. I. in 8. 1802) in Vorschlag gebrachten Maschinen, beide durch hinlänglich instructive Figuren erläutert, ohne jedoch die Haupttheile einzeln darzustellen. Guenyveau Essay sur la science des Machines steht mir nicht zu Gebote. Ueber die von Junker zu Huelgot im Dp. Finisterre angelegte Wassersäulenmaschine und überhaupt über den Bau und die Wirkungen dieser Maschinen findet sich viel Belehrendes in Ann. des Mines 1835. T. VIII. Livrais. IV. p. 95. Liv. V. p. 247. Liv. VI. p. 369. Die älteren Werke, worin über diese Maschinen gehandelt wird, sind für den Zweck einer gründlichen Belehrung wegen der zahlreichen und höchst wichtigen neueren Verbesserungen ganz ungenügend. Dahin gehört: Calvör Beschreibung des Maschinenwesens auf dem Oberharze. Braunschw. 1763. Fol. Th. I. S. 163 u. 176. Delius Anleitung zu der Bergbaukunst. Wien 1773. 4. S. 379. F. L. Cancrin's Erste Gründe der Berg- und Salzwerks-Kunde. Frankf. 1779. 8. Th. VII. S. 176. J. J. Ferber's physicalisch-metallurgische Abhandlungen über die Gebirge und Bergwerke in Ungarn. Berl. u. Stett. 1780. 8. S. 63. Busch Mathematik zum Nutzen und Vergnügen u. s. w. Hamb. 1799. Th. II. S. 505. u. a. m.

Digitized by Google

Wasserstoff.

Hydrogenium; Hydrogène; *Hydrogen*.

Ein nicht metallisches, für sich bloſs in Gasform bel Element, welches vorzüglich im Wasser und in orgai Verbindungen vorkommt. Man stellt es gewöhnlich dar Auflösen von Zink in verdünnter Schwefelsäure in einer entwickelungsapparate, wobei der Sauerstoff des Wassers Zink tritt und der Wasserstoff sich entwickelt.

Das specifische Gewicht dieses Gases beträgt nur (es ist daher von allen wägbaren Stoffen der leichteste; farblos, im reinen Zustande geruchlos und beim Einathme von negativ schädlicher Wirkung.

Der Wasserstoff bildet mit dem Sauerstoff das Wass das Wasserstoffhyperoxyd.

Wasser (1 Wasserstoff auf 8 Sauerstoff). Das Gemen 2 Maſsen Wasserstoffgas und 1 Maſs Sauerstoffgas, die *luft*, verdichtet sich, wenn die Verbindung der beiden durch höhere Temperatur, Elektricität, Platin u. s. w., leitet wird, unter bedeutender Wärmeentwickelung voll zu Wasser. Die rasche Verbindung erfolgt in einem völlig verschlossenen Raume unter lebhafter Explosion, der sich bildende Wasserdampf, durch die entwickelte in den Zustand der höchsten Weiſsgluth versetzt, ei gröſsere Elasticität besitzt, als die Knallluft, aus der stand[1]. Wegen der starken Feuerentwickelung, wov Verbindung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff beglei dient die Knallluft zur Erzeugung eines der höchsten Hi im *Knallgasgebläse*[2].

Man befreiet das Wasser von wenigen flüchtigen nigkeiten durch Destillation in metallischen Gefäſsen, *lirtes Wasser*, und von absorbirter Luft durch länger setztes Kochen, *ausgekochtes Wasser*. Von seinen schaften im starren, tropfbaren und elastischen Zustand schon an andern Orten die Rede.

Das Wasser wird durch den elektrischen Strom in

1 S. Art. *Pistole, elektrische*. Bd. VII. S. 573.
2 S. Art. *Gebläse*. Bd. IV. S. 1158.

Digitized by Google

beiden gasigen Bestandtheile zersetzt, ferner durch viele Metalle und Kohlenstoff, theils bei gewöhnlicher Temperatur, theils in der Glühhitze, in gebundenen Sauerstoff und in Wasserstoffgas, durch Chlor im Licht in gebundenen Wasserstoff und in Sauerstoffgas; bei der Zersetzung durch Phosphorcalcium und einige andere Stoffe treten beide Bestandtheile des Wassers in neue Verbindungen.

Das Wasser bildet theils innigere, proportionirte Verbindungen, theils losere, mit, nach veränderlichem Verhältnisse, überwiegendem Wasser.

Zu ersteren gehören die *Hydrate*, worunter vorzüglich Verbindungen von 1 Atom Säure oder Salzbasis mit 1 Atom Wasser verstanden werden, z. B. Vitriolöl, 1 Atom Schwefelsäure auf 1 Atom Wasser haltend, Aetzstein, aus 1 Atom Kali und 1 Atom Wasser bestehend. In den Hydraten der Säuren vertritt das Wasser die Stelle einer Basis, in den Hydraten der Basen die einer Säure. Manche Hydrate verlieren erst in der Glühhitze ihr Wasser, einige bei keiner Temperatur, zum Theil, weil sie bei zu hoher unzersetzt verdampfen, wie die zwei genannten. Man hat auch zwei Hydrate von einfachen Stoffen, das Brom- und das Chlorhydrat, die aber 10 Atome Wasser in einer loseren Verbindung enthalten.

Weniger innig, aber noch proportionirt, sind die Verbindungen, in welchen das Wasser als *Krystallwasser* oder *Krystalleis* enthalten ist. Sie kommen vorzüglich bei Säuren, Basen, Salzen und organischen Verbindungen vor. Solche Stoffe schieſsen häufig aus einer wässerigen Lösung in Verbindung mit einer bestimmten, je nach der Natur der Stoffe von 1 bis 14 Atomen variirenden Menge Wasser an. So giebt 1 Atom Schwefelsäure mit 2 Atomen Wasser groſse Krystalle, desgleichen 1 Atom Kali mit 5 Atomen Wasser. Beim Erhitzen geht das loser gebundene Krystallwasser hinweg, bei der Schwefelsäure 1 Atom, bei dem Kali 4 Atome betragend, und das inniger gebundene 1 Atom Hydratwasser bleibt. Manche Salze krystallisiren je nach der Temperatur bald ohne, bald mit Wasser, und im letzten Falle oft mit verschiedenen Mengen, z. B. Glaubersalz bei 100° ohne Krystallwasser, bei 12° mit 8, bei niedrigerer Temperatur mit 10 Atomen, aber in jedem dieser drei Zustände besitzt es eine verschiedene Krystallform. Manche Salze verlieren ihr Krystallwasser schon beim Aussetzen an die

Digitized by Google

Luft, um so schneller, je trockener und wärmer sie ist werden dadurch undurchsichtig und zerreiblich, *verwit* Salze. Beim Erhitzen verlieren alle Krystalle ihr Krysta ser, wobei sie, wenn das Wasser mehr beträgt, oft i *wässerigen Fluſs* kommen, indem das erhitzte Wass dem Salze eine Lösung bildet. Das nach dem Entweich Wassers bleibende feste Salz kann dann in der Glühh den feurigen Fluſs kommen. Der Gyps verliert seine 2 Krystallwasser noch weit unter der Glühhitze und wi durchsichtig und zerreiblich. Hierauf gepulvert und mit ser gemengt bildet er zuerst ein breiförmiges Gemenge vo wässertem Gyps und Wasser; aber allmälig wird das wieder als Krystallwasser aufgenommen, womit Erstarr Masse unter Ausdehnung erfolgt. Hierauf beruht die A dung des gebrannten Gypses zum Abformen u. s. w.

Zu den loseren Verbindungen des Wassers gehöre welche es mit gasförmigen Stoffen eingeht[1], und die Auf gen verschiedener starrer oder tropfbarer Säuren, Sal Salze, organischer Verbindungen u. s. w. im Wasser. welche das Wasser aus der Luft aufnehmen, um eine rige Lösung zu bilden, heiſsen *zerflieſsende Stoffe.*

Von den meisten dieser Stoffe löst das Wasser um so je höher die Temperatur ist. Die Ausnahmen von diese sind früher beleuchtet worden[2]. Bei einigen Salzen nimr Löslichkeit mit steigender Temperatur in einem einfachen hältnisse zu. So lösen nach Gay-Lussac 100 Theile Was 0° C. 29,25 Theile Chlorcalium, und für jeden Grad Te turerhöhung 0,2738 Theil weiter. Bei andern Salzen, v Salpeter, steigt die Löslichkeit mit der Temperatur in viel stärkeren Verhältnisse.

Wasserstoffhyperoxyd (1 Wasserstoff auf 16 Sauer Die Darstellung dieses, von Thénard entdeckten Körpe ruht im Allgemeinen darauf, daſs man Baryumhyperox wässeriger Salzsäure löst, wobei sich salzsaurer Baryt während das zweite Atom Sauerstoff des Baryumhyperoxy einen Theil des mit der Salzsäure verbundenen Wasser und diesen in Wasserstoffhyperoxyd verwandelt. Doch i

---

1 S. Art. *Absorption.* Bd. I. S. 41.

2 S. Art. *Verwandtschaft.* Bd. IX. S. 1983.

Digitized by Google

Darstellung desselben in reiner Gestalt sehr schwierig und umständlich. Es ist eine wasserhelle dünne Flüssigkeit von 1,452 specifischem Gewicht, geruchlos, von herbem, bitterm Geschmack, die Zunge weiſs machend, und auf die Haut gebracht die Oberhaut weiſs machend und Jucken erregend. Diese Verbindung hält das zweite Atom Sauerstoff äuſserst lose gebunden und entwickelt dasselbe bei verschiedenen Veranlassungen in Gasgestalt unter einem bis zur Explosion sich steigernden Aufbrausen und unter starker Wärme- und selbst oft Lichtentwickelung[1]. An schweflige Säure tritt sie den Sauerstoff ruhig ab, dieselbe in Schwefelsäure verwandelnd.

Die übrigen Verbindungen des Wasserstoffs sind:

1) Die Wasserstoffsäuren, welche in der Regel 1 Atom Wasserstoff auf 1 Atom Radical, wie Hydrothion-, Hydroselen-, Hydriod- und Hydrochlorsäure, selten auch mehrere Atome Radical enthalten, wie hydrothionige und hydriodige Säure. 2) Das Ammoniak. 3) Neutrale, brennbare Gase, wie ölerzeugendes Gas, Kohlenwasserstoffgas, Phosphorwasserstoffgas, Arsenikwasserstoffgas, Antimonwasserstoffgas. 4) Starre Verbindungen, wie Wasserstoffarsenik, Wasserstoffkalium. 5) Organische Verbindungen. *G.*

Wasserwaage.

Libelle; *Libella, Libra aquaria*; Niveau; *Spirit level.*

Dieses sehr gebräuchliche Instrument dient dazu, eine genau horizontale Ebene zu erhalten. Man erreicht den nämlichen Zweck, aber weit minder genau, durch die sogenannte *Bleiwaage, Setzwaage, Schrotwaage,* deren sich für gröbere Messungen die Maurer beim Bauen, die Schreiner beim Legen der Fuſsböden und sonstige Handwerker bedienen, inzwischen sind diese Apparate so gemein und so bekannt, daſs es nicht nöthig schien, ihnen eigene Artikel zu widmen. Die gewöhnlichen bestehn aus einem dreieckigen Brete oder einem aus drei Leisten zusammengesetzten gleichschenkeligen Dreieck, an des-

1 S. Art. *Verwandtschaft.* Bd. IX. S. 1985 u. 2011.

Digitized by Google

sen oberer Spitze ein Senkel mit einer Bleikugel herabhä
die in einer Vertiefung in der Mitte derjenigen Seite einsp
welche dazu bestimmt ist, auf die zu prüfende Fläche ge
zu werden. Auf die Mitte dieser Seite ist eine Linie gezo
welche mit jeder Hälfte dieser Seite einen rechten Winkel
det, und der im obern Ende dieser Linie befestigte Faden
Senkels muſs daher diese Linie decken, wenn die untere S
des Dreiecks, auf welcher die Linie lothrecht steht, sich i
ner horizontalen Ebene befindet. Solche Waagen hielt L
POLD[1] für der Mühe werth zu beschreiben, und man bed
sich ihrer auch zum Nivelliren, doch verfertigte man si
diesem Zwecke auch von Metall und feiner gearbeitet.
CARD[2] versah sie mit Dioptern, um damit zu nivelliren,
man brachte unter ihnen ein Fernrohr mit einem Fadenkr
an, lieſs auch wohl die Spitze des Senkels auf einem Gra
gen spielen, um die mit der horizontalen Linie gebild
Winkel zu messen, sonstiger Verbesserungen nicht zu ge
ken[3]. Eine andere Art von Nivellirwaagen sind die Hä
waagen, welche aufgehangen sich durch ihr eigenes Gew
so stellen, daſs die Visirlinie der Dioptern oder die Axe
Fernrohrs in eine horizontale Linie zu liegen kommt.

Unter die älteren Apparate dieser Art gehören auch
sogenannten *Canalwaagen*, eine blecherne Röhre, an je
Ende mit einer vertical aufstehenden Fassung, in welche
etliche Zoll hohe Glasröhre gekittet ist. Sie gehören dem W
sen nach zu den communicirenden Röhren, in deren Schen
bekanntlich jede Flüssigkeit gleich hoch steht, und dem
müssen die Enden der Wassercylinder in den beiden Glasrö
in einer horizontalen Ebene liegen, über welche man hin vi
Groſse Genauigkeit kann dieses aber nicht geben, denn th
ist die Capillaranziehung in den Glasröhren, auch wenn
hinlänglich weit sind, wegen unvermeidlichen Schmuzes

1 Theatr. Statici universalis P. IV. seu Theatr. horizontost
cum. Leipz. 1726. fol.

2 Traité du Nivellement. Par. 1684. u. 1728. 12. Uebers.
PASSAVANT. Berlin 1749. 8. Mit neuen Beiträgen von LAMBERT. 177

3 Vergl. LEFEBURE Nouveau Traité du nivellement. Potsdam 1
8. BÖHM Gründliche Anleitung zur Meſskunst auf dem Felde. Fra
a. M. 1759. 2te Aufl. 1779.

Digitized by Google

Stabes nicht absolut gleich, theils ist es schwer, die Tangente der beiden Enden der Wassercylinder in den runden Glasröhren scharf zu treffen, was vermuthlich leichter seyn würde, wenn die Flüssigkeit bis zur Undurchsichtigkeit gefärbt wäre, nicht zu gedenken, daſs die Wandungen des Glases bei so leicht möglicher ungleicher Dicke den Lichtstrahl brechen. Man kam daher schon vor langer Zeit auf die Idee, die Dioptern auf dem Wasser schwimmen zu lassen, welches namentlich de la Hire[1] in Vorschlag brachte; dem Gebrauch solcher Apparate steht aber die groſse Beweglichkeit des Wassers, und ihrer Genauigkeit der Umstand entgegen, daſs sich an die Schwimmer leicht Staub und Schmuz, oder auch Luftblasen ansetzen, die das Einsinken derselben bedingen. Weit vorzüglicher ist daher die von Keith[2] in Vorschlag gebrachte *Quecksilberwaage* (*Mercurial Level*), deren Bau auſserdem sinnreich von ihm angegeben wurde. Sie besteht aus einem 12 bis 18 Zoll langen, 2 bis 3 Zoll breiten Kästchen aus hartem Holze. An beiden Enden befinden sich viereckige Vertiefungen, die durch einen engen Canal dicht über dem Boden des Kästchens mit einander communiciren und für gewöhnlich oben durch genau passende Deckel verschlossen sind. Gieſst man in eine der Vertiefungen Quecksilber, so steht dieses in beiden gleich hoch und die auf ihm schwimmenden Dioptern geben die horizontale Linie. Diese Dioptern sind von Messing, und jede ist auf einem hölzernen oder elfenbeinernen Würfel befestigt, welcher in die beiden gleichen Vertiefungen so genau paſst, daſs er bloſs in verticaler Richtung aufsteigt oder herabsinkt. Hölzerne Würfel sind der Ausdehnung durch Feuchtigkeit ausgesetzt, und man wählt daher meistens elfenbeinerne; Glas würde sich noch besser dazu eignen. In der Mitte des Kästchens oder vielmehr des übrigens massiven Klotzes ist ein durch einen Deckel verschlossener Behälter, um beim Transporte die Dioptern und das Gefäſs mit Quecksilber aufzunehmen. Bei dem groſsen specifischen Gewichte des Quecksilbers könnten die Würfel auch ein Fernrohr mit Kreuzfaden tragen, und hierdurch würde der

---

1 Mém. de l'Acad. des Sc. 1704. Solche Nivellirinstrumente findet man in Picard's Werke, in Leupold Theat. horiz. u. a. a. O.

2 Edinb. Philos. Trans. 1790. T. II. Gotha'sches Magaz. Th. VII. St. 1. S. 104.

Digitized by Google

Apparat eine noch gröſsere Brauchbarkeit erhalten. Zu
trole kann man die Schwimmer mit den Dioptern verw

Die jetzt faſst ausschlieſslich gebräuchlichen Wasser
sind mit Wasser oder vielmehr allezeit, zur Verhütu
Gefrierens, mit Alkohol gefüllte Apparate, welche auf de
turgesetze beruhn, daſs die Oberfläche jeder Flüssigkeit
liebigen Gefäſsen eine horizontale Ebene bildet. We
der Alkohol durch die Wandungen des Gefäſses in Fo
Adhäsion etwas in die Höhe gehoben wird, so bleibt
Mitte eine geringe Vertiefung, und nach der Bedecku
Oberfläche eine gröſsere oder geringere Luftblase, und mar
diejenigen Apparate, die im Deutschen, wiewohl selten, *W
waagen mit Luftblase*, im Französischen *Niveau à bull*
genannt werden. Da die Form des Gefäſses willkürlich
könnte es hiernach sehr verschiedene Arten geben, m
deren aber nur zwei, *Dosenlibellen* und *Röhrenlibellen*.
Dosenlibellen bestehn aus einer messingnen Dose von 2
Zoll Durchmesser und 0,5 bis 1 Zoll Höhe. Ihre Obe
ist mit einer fest eingekitteten oder aufgeschliffenen, kur
serdicht schlieſsenden Scheibe von Spiegelglas bedeckt,
ihrer Mitte mit einem Pünctchen und mit einem oder zw
dieses gezogenen Kreisen von 2 bis etwa 12 Lin. Durch
versehn ist, um schärfer wahrzunehmen, ob die Luftblas
genau unter der Mitte der Glasscheibe befindet. Im Bod
Dose ist in der Mitte eine durch eine Schraube verschl
Oeffnung, durch welche man den inneren Raum der Do
Alkohol füllt, bis nur noch ein kleiner Raum leer bleib
nach dem Umkehren der Dose unter der Glasscheibe eine
blase bildet. Wenn man nun annimmt, daſs der Ran
nach der Mitte zu vertieften Bodens der Dose mit der
scheibe genau parallel ist, so muſs die Luftblase gerade i
Mitte unter der etwas weniges convexen Glasscheibe zum
stande kommen, sobald die Dose auf einer genau horizon
Ebene steht. Dieser Parallelismus wird durch geübte Kü
hergestellt, und man kann daher die Ebenen, auf welche
diese Dosen setzt, dadurch horizontal stellen, daſs man s
lange richtet, bis sich die Luftblase genau in der Mitte
einstellt. Die Dosenlibellen haben den groſsen Vorzug
Bequemlichkeit; da aber die Empfindlichkeit der Lib
überhaupt der Länge ihrer Durchmesser proportional zuni

Digitized by Google

so können diese auf keine hohe Empfindlichkeit Anspruch machen.

Um diese zu erhalten, wählt man die *Röhrenlibellen*, die sich von den gröberen bis zu den empfindlichsten in vielen Abstufungen herstellen lassen. Die gewöhnlichen bestehn aus mindestens 3 oder 5 bis 8 Zoll langen und 2 bis 8 Lin. weiten Glasröhren, die mit Alkohol bis auf eine kleine zurückbleibende Luftblase nachgefüllt und an beiden Enden zugeblasen werden. Dieses Zublasen hat den Vortheil, daſs kein Alkohol entweicht und die Luftblase daher ihre anfängliche Gröſse stets beibehält, auſser sofern diese durch die Temperatur und die hieraus folgende Ausdehnung des Weingeistes bedingt wird; allein bei 12. bis 14 und sogar 16 Lin. weiten Röhren hat dieses Zublasen groſse Schwierigkeiten. Will man bei den bessern Röhrenlibellen die Empfindlichkeit vergröſsern, so geschieht dieses durch vermehrte Beweglichkeit des Weingeistes und durch Verlängerung der Röhren. Die Beweglichkeit wird vermehrt, wenn man die Röhren inwendig ausschleift, ohne sie nachher wieder fein zu poliren; der Alkohol legt sich dann leichter an die Wandungen an, und die Blase wird dadurch beweglicher. Lassen sich die weiten Röhren, wenn sie noch obendrein von dickem Glase sind, nicht wohl zublasen, so schleift man ihre Oeffnungen an beiden Enden stark konisch, schleift eine genau hineinpassende konische Spiegelglasscheibe, trägt auf den Rand einen schnell trocknenden Kitt aus Leinölfirniſs und Silberglätte, und verschlieſst auf diese Weise die eine Oeffnung, füllt die Röhre mit Alkohol, zündet diesen an, um in der Libelle ein Vacuum zu erhalten, und wenn der Alkohol so weit verzehrt ist, daſs nach der Abkühlung nur noch eine gehörig groſse Luftblase zurückbleiben würde, so drückt man die vorher mit Kitt versehene Scheibe hinein, die dann nach dem Erkalten noch obendrein durch den äuſseren Luftdruck festgehalten wird. Nicht selten entweicht aber dennoch allmälig etwas Alkohol, und es erfordert dann groſse Vorsicht, das eine Ende zu öffnen, etwas Alkohol nachzufüllen, und die Röhre auf die angegebene Weise wieder zu verschlieſsen. Solche gröſsere Röhren werden allezeit inwendig ausgeschliffen.

Nach der Verfertigung der Röhren, die man auch für sich allein *Libellen* nennt, werden sie gefaſst, das heiſst, man steckt

Digitized by Google

sie in messingne, an beiden Enden mit einem Deckel schlossene Röhren, die in der Mitte zu ungefähr zwei teln ihrer ganzen Länge bis etwa zu einem Fünftel bis e Drittel ihrer Dicke so weggeschnitten sind, daſs man Spiel der Luftblase durch diese Oeffnung beobachten kann vorgerichtet werden sie entweder auf den Flächen, deren rizontalität sie anzeigen sollen, festgeschraubt, oder mi Haken an die Axen der Meſsinstrumente aufgehangen, od beiden Enden mit Füſsen versehn, um sie auf die zu pri den Flächen zu stellen. Meistens sind sie zugleich mit rectionsschrauben versehn, um geringe Fehler zu corrig falls sie nicht gehörig rectificirt seyn sollten. Dabei ist gendes zu bemerken. Denken wir uns, daſs die obere Be rungslinie der Flüssigkeit und des Glases eine genau hori tale wäre, so würde zwar die Luftblase bei der gerin Neigung der Libelle sich sofort nach dem gehobenen Ende bewegen, allein auf einer genau horizontalen Ebene könnte Blase an jeder Stelle der ganzen Röhrenlänge zum Stillst kommen, was die Messung mit ihnen unnöthig erschweren durch zu groſse Empfindlichkeit fast unmöglich machen w Befände sich nämlich die Blase am einen Ende der Wa waage, so müſste man hieraus auf eine Erhöhung der zu fenden Ebene nach der Seite der Luftblase hin schlieſsen, a der Stand der Blase könnte auch bloſse Folge des Zufalls s sie würde sich bei der geringsten Aenderung der Ebene gleich ganz ans entgegengesetzte Ende begeben, dadurch nämliche Ungewiſsheit herbeiführen, und ihr Stand daher l von den Hindernissen ihrer Bewegung abhängen, sofern absolute Horizontalität physisch überall nicht zu erreichen Wäre dagegen die Röhre gekrümmt, die Convexität gegen Mittelpunct der Erde gerichtet, so würde die Luftblase stets an einem der beiden Enden derselben befinden, und jeder, der Stärke ihrer Krümmung proportionalen Abweich von der Horizontalität vom einen Ende zum andern übersp gen, sie könnte in der Mitte nicht zum Stillstande komm und der Apparat wäre gänzlich unbrauchbar. Hieraus erg sich, daſs die Röhre nothwendig etwas gekrümmt seyn m und zwar die concave Seite dem Mittelpuncte der Erde zu wendet. Eine absolut gerade Röhre wäre einem in sei Schwerpuncte aufgehangenen Waagebalken zu vergleichen,

Digitized by Google

eine gekrümmte wird um so empfindlicher seyn, je geringer ihre Krümmung oder je länger ihr Krümmungshalbmesser ist. Da es wohl schwerer seyn dürfte, absolut gerade, als etwas gekrümmte Glasröhren zu bekommen, bei denen man bloſs zu beachten hat, daſs die convexe Seite bei der Fassung nach oben zu liegen kommt, so hat diese Aufgabe gar keine Schwierigkeiten; wäre aber eine solche Röhre wirklich absolut gerade, so würde es zur Erreichung der sehr geringen Krümmung genügen, in die Mitte der Fassung unter die Röhre eine geeignete Unterlage so zu legen', daſs sie dadurch in der Mitte etwas in die Höhe, an beiden Enden aber etwas herabgedrückt würde.

Was noch weiter zur vollständigen Erörterung der Sache erforderlich ist, findet sich bereits oben[1] gesagt, und es werden daher hier folgende Bemerkungen genügen. Sind die Wasserwaagen richtig, so ist es leicht, eine Ebene mittelst derselben horizontal zu stellen, ist jenes aber nicht der Fall, so müssen sie erst rectificirt oder corrigirt werden. Dieses geschieht allgemein dadurch, daſs man sie auf eine genau horizontale Ebene, meistens eine Spiegelglasscheibe, stellt, und an der Seite der Libelle, wohin die Blase aufsteigt, so lange wegnimmt, oder durch die Stellschraube so lange corrigirt, bis jene genau in der Mitte ruhig stehen bleibt. Bei den Dosenlibellen, die ohnehin auf einen sehr hohen Grad von Genauigkeit keine Ansprüche machen können, wird diese an sich leichte Operation bloſs dadurch etwas erschwert, daſs man von dem gröſsten Theile der unteren kreisförmigen Fläche wegnehmen muſs, jedoch beträgt dieses nur wenig und geschieht meistens bloſs durch Schleifen, wenn der Apparat ursprünglich genau gearbeitet ist. Bei den Röhrenlibellen sind in der Regel Stellschrauben zum Rectificiren angebracht, und wie dieses bei denen geschieht, die für feinere Meſsapparate bestimmt sind, ist bereits früher angegeben worden. Oft aber steht keine genau horizontale Ebene zu Gebote, und man muſs diese selbst erst mit einer unrichtigen Libelle herstellen, letztere aber zugleich rectificiren. Die Regeln für dieses Verfahren giebt die einfache Betrachtung, daſs der Fehler der Ebene sich dadurch offenbart, daſs beim Umdrehen der Libelle die Blase nach entgegengesetz-

1 S. Art. *Nivelliren.* Bd. VII. S. 93 ff.

Digitized by Google

ten Enden der Röhre sich bewegt, statt daſs der Fehle
Libelle sich durch das Aufſteigen derselben nach dem nä
chen Ende kund giebt. Man zeichne daher auf der mög
horizontal gelegten Spiegelglasplatte eine gerade Linie, setz
Libelle so auf die Platte, daſs die verticale Ebene durch
Axe der Libelle auch durch die gezogene Linie geht, dreh
Libelle in der horizontalen Ebene durch ihre Axe wiede
um 180 Grade um, und beobachte dabei jederzeit den S
der Blase. So lange diese sich bei diesem Wechsel stets
den entgegengesetzten Enden der Röhre bewegt, muſs die
der Glasplatte corrigirt werden, sobald aber die Blase sich
nach der nämlichen Seite der Libelle bewegt, muſs let
corrigirt werden, und zuletzt muſs man mit beiden Correcti
so lange fortfahren, bis die Blase bei wiederholten Drehu
stets in der Mitte der Röhre zum Stillstande kommt. Bei
feinen Apparaten muſs man zugleich einseitige Erwärmung
meiden, weil sich die Röhre sonst theilweise ausdehnt und
Luftblase zum erwärmten Ende hineilt. Ein ähnliches Verfa
bringt man in Anwendung, wenn eine Nivellirwaage ge
werden soll. In diesem Falle stellt man das Instrument
und richtet das mit der Libelle verbundene Fernrohr so, daſs
Luftblase sich genau in der Mitte befindet, stellt vor dem
jectivglase des Fernrohrs eine Latte vertical auf, und bezeic
diese genau in der Höhe der Axe des Fernrohrs mit einer
rizontalen Linie. Wird diese Latte in einer Entfernung
50 bis 100 Fuſs und auch wohl darüber lothrecht aufgest
so müſste bei vollkommener Horizontalität dieser beiden Pu
oder der gegebenen Ebene und bei fehlerloser Messung
Höhe über dem Boden bis zur Axe des Fernrohrs, abges
von der Krümmung der Erde, der horizontale Spinnfaden
Fernrohre mit dieser Linie zusammenfallen, und zwar a
dann, wenn die Stationen verwechselt und das Nivellirinst
ment an der Stelle der Latte und diese an der Stelle des
strumentes aufgestellt würde. Ein Fehler im Stande der
belle würde dagegen verursachen, daſs der horizontale Spi
faden im Fernrohre beim Wechsel der Stationen um gleiche E
fernungen entweder über oder unter diese Linie fiele, und
könnte jenen Fehler dadurch beseitigen, daſs man die Lib
so lange corrigirte, bis dieses wegfiele. Ist aber die Eb
nicht genau horizontal, so fällt die Gesichtslinie durch den

rizontalen Spinnefaden auf der einen Station ebenso weit über, als auf der andern unter diese richtige Mittellinie, und hieraus ergiebt sich die erforderliche Correction von selbst, welche darin besteht, daſs man mit den Stationen wechselnd nach der genannten Latte visirt, und das Fernrohr nebst der daran befestigten Libelle so lange auf der einen Station neigt und auf der entgegengesetzten erhebt, bis die Gesichtslinie des Spinnefadens jederzeit mit dem horizontalen Striche der Latte zusammenfällt. Ist dann die Libelle richtig, so muſs die Blase in beiden Fällen um gleiche Theile nach entgegengesetzten Seiten abweichen, der hierbei statt findende Unterschied aber wird an der Libelle corrigirt. Um den Werth der Abtheilungen zu bestimmen, die sich auf den feineren Wasserwaagen gezeichnet befinden, giebt Nixon[1] ein Verfahren an, welches mir aber keine Vorzüge vor dem gewöhnlichen bequemeren, oben bereits beschriebenen, zu haben scheint.

M.

Wellen.

Wogen, Undulationen, Vibrationen; *Undae, Undulationes, Vibrationes;* Ondes, Vibrations; *Waves, Vibrations.*

Unter Wellen verstand man in der früheren Zeit bloſs die bekannten Wasserwellen, die sich auf Flüssen und hauptsächlich auf stehenden Gewässern um so viel gröſser zeigen, je ausgedehnter die Wasserfläche und je tiefer das Wasser ist; in neueren Zeiten aber hat man gefunden, daſs viele sonstige Erscheinungen auf wellenartigen Bewegungen beruhn. Cartesius nahm nicht sowohl Wellen, als vielmehr Wirbel in seinem fingirten Aether an; es lag in dieser Hypothese allerdings die sinnreiche Idee wellenartiger Bewegungen in ätherischen Flüssigkeiten, weil er aber zu viel daraus folgerte, so fand sie bei den meisten spätern Physikern keinen Beifall, auſser bei einigen wenigen, namentlich Huyghens und L. Euler in Bezie-

---

1 Philos. Magaz. 1829. March. p. 175. Wiener Zeitsch. Th. VI. S. 22. Fechner Repert. Th. I. S. 5.

Digitized by Google

hung auf das Licht, vermuthlich deswegen, weil da gleichmäſsige Ausströmen eines um die Sonne angehäuften rischen Lichtstoffes ein wahrhaft unfaſsbarer Begriff ist. darf jedoch nicht übersehn werden, daſs Newton die pflanzung des Schalles genau auf die Wellentheorie zu führte, und wenn seine Nachfolger dieses Element richti standen und hiernach die Schalllehre wissenschaftlich bea hätten, so würde dieses schon früher auf gleiche Weise zu richtigern Theorie des Lichtes geführt haben, wie es späte Chladni durch Thom. Young und seine Nachfolger geschah dieser Zeit ist die Wellentheorie so wohl für sich, als au ihren zahlreichen Anwendungen sehr vollständig ausgearbeite den, und es war daher bereits an verschiedenen Stellen dieses kes von den Lichtwellen, den ihnen sehr ähnlichen Scha len u. s. w., wie auch nicht minder von Wasserwellen führlich die Rede; es fehlt daher nur noch eine Untersu über die Wellen im Allgemeinen. Hierüber besitzen wi ein ebenso vollständiges als gründliches Werk von den Geb Ernst Heinrich und Wilhelm Weber[1], woraus geni Belehrung über diesen Gegenstand zu schöpfen ist. Da i zwischen bei einer neuen Bearbeitung dieses wichtigen Zw der physikalischen Wissenschaften hinter dem bereits Ge ten zurückbleiben würde, diese Aufgabe aber der Vollstä keit wegen hier nicht fehlen darf, so ist es nicht bloſs e sondern sogar nothwendig, die angezeigte classische Arbeit bei zum Grunde zu legen.

A. Wellen im Allgemeinen.

1) Um eine anschauliche Vorstellung von den Welle Vibrationen überhaupt zu erhalten, dient vorzüglich der ausführlich erzählte Versuch, wonach das Wasser in der wärts gerichteten Schenkeln einer heberförmig gebogenen in isochronischen Schwingungen aufsteigt und wieder sinkt. Hierbei, so wie beim Pendel, ist die Schwer jenige Kraft, welche den aus dem Zustande des Gleichgew

1 Wellenlehre auf Experimente gegründet oder über die W tropfbarer Flüssigkeiten mit Anwendung auf die Schall- und Lic len. Leipz. 1825. 8.

2 S. Art. *Sprungkegel*. Bd. VIII. S. 979.

Digitized by Google

gebrachten Körper wieder zu demselben zurückführt, die Elasticität wirkt auf gleiche Weise, die Trägheit oder das Beharrungsvermögen bewirkt in allen Fällen, daſs der bewegte Körper über den Zustand des Gleichgewichts, wie es bei seinem Ruhen statt fand, hinausgerückt wird, bis die Bewegung durch die entgegenwirkende Kraft = 0 wird und letztere eine neue Bewegung erzeugt. Insofern aber die bewegende Kraft sich selbst stets gleich bleibt, so müssen in gleichen Zeiten gleiche Räume zurückgelegt werden, alle Oscillationen daher isochronisch seyn, und abgesehn von den Hindernissen der Bewegung müssten sie, einmal erzeugt, ins Unendliche fortdauern. Das Erstere findet wirklich statt, hinsichtlich des Letzteren ist aber die Dauer den Hindernissen der Bewegung umgekehrt proportional.

2) Nach *Weber* giebt es zwei Arten schwingender Bewegungen, eine fortschreitende (*oscillatio progressiva*) und eine stehende (*oscillatio fixa*); die fortschreitende ist gleichbedeutend mit der Wellenbewegung (*motus undulatorius*), unter die stehenden gehören aber die so eben beschriebenen. Zur Erläuterung der fortschreitenden dient das Verhalten eines gespannten Seiles AB. Fig. 94. Hebt man dasselbe in b pötzlich in die Höhe, so legt es sich in die Lage a b' c' d, zeigt aber, indem der Stoſs sich nur allmälig fortpflanzt und das Seil successiv in die Lagen der punctirten Linien kommt, eine nach B fortschreitende schwingende oder Wellenbewegung. Ist die Ausbeugung bei B angekommen, so schreitet sie auf die nämliche Weise rückwärts in der Gestalt von k i' h' g u. s. w. fort. Hierüber angestellte Versuche zeigten bei einem 50 Ellen langen, einen halben bis ganzen Zoll dicken Seile eine und dieselbe Welle wohl 12- bis 16mal mit gleichbleibender Geschwindigkeit vorwärts und rückwärts laufend, indem jederzeit beim Vorwärtsgehn die Ausbiegung nach oben, beim Rückwärtslaufen nach unten gerichtet war. Hierbei äussert die Bewegung nach der Länge des Seiles in der Art sich, daſs jeder einzelne Punct successiv sich hebt, beim Fortgange im höchsten Puncte und beim Rückgange im tiefsten zum Stillstande seiner Bewegung kommt. Ferner ist die Spannung nicht in allen Puncten des Seiles gleich groſs, vielmehr ist sie bei A am stärksten, dort wird die aufwärtsgehende Bewegung am frühesten wieder in eine rückwärtsgehende verwandelt, die Bewegung wird von A aus aufgehoben, während sie sich nach B

hin fortpflanzt. Hiernach muſs in jedem elastischen] wenn nicht Hindernisse dieses unmöglich machen, die dene Schwingung sich fortpflanzen, und da die Bedin hierzu überall gegeben sind, so finden sich die fortscl den Wellen ungleich häufiger, als man meistens a indem man sie nur in der Luft bei der Fortpflanzung des les und auf dem Meere in den Wellen wahrzunehmen Inzwischen versuchte DAN. BERNOULLI[1], diese Wellen, *oscillationes compositas* nannte, zu berechnen, indem die Bewegungen der Glieder einer oscillirenden Kette o Kugeln, an einem biegsamen Faden aufgehangen, zum legte, auch L. EULER[2] behandelte dieses Problem, un zugleich bestimmt die fortschreitenden Wellen eines ges Seiles.

3) Die zweite Art der Schwingungen, die *stehende* gen sich vorzugsweise bei tönenden Körpern und werde bei am leichtesten und besten wahrgenommen; sie sin bloſs bei festen und expansiblen Körpern möglich, nach den Untersuchungen WEBER's auch bei tropfbar gen, und unterscheiden sich durch folgende Umstände:

a) Bei der stehenden Oscillation eines Körpers fan Puncte desselben ihre Schwingungen gleichzeitig an, un enden sie auch in gleicher Zeit, bei der fortschreitende then sie successiv in Schwingung und die zuerst in Schw versetzten verursachen die der übrigen successiv.

b) Bei der stehenden Oscillation eines Körpers üb Puncte desselben wechselseitig einen gleich groſsen be den Einfluſs auf einander aus, und deswegen ändert ein gender Punct durch Mittheilung der Bewegung die Schw benachbarter Puncte nicht ab; denn wenn jeder Punct ihm benachbarten Puncten so viele bewegende Kraft ab erhält, als er ihnen selbst abgiebt, so behält jeder Pun Schwingung ungeändert bei. Dagegen ist die Spannun schen den Theilen, die zur Bildung einer Welle be ungleich groſs, und die Welle schreitet daher nach de hin fort, wo die Spannung zwischen den Theilchen g

1 Comment. Petrop. T. VI. p. 108. T. VII. p. 162. T p. 97.

2 Acte Petrop. pro anno 1779. p. 89. T. XVII. p. 404.

Digitized by Google

ist; es liegt also der Grund, warum jedes Theilchen der vordern Hälfte einer Welle sich bewegt, in dem überwiegenden Einflusse, den jedes hinter ihm gelegene Theilchen auf dasselbe ausübt.

c) Bei der stehenden Oscillation wird daher jedem schwingenden Theile von entgegengesetzten Seiten her eine gleich groſse Bewegung mitgetheilt, statt daſs den Theilchen eines Körpers, welche durch eine Wellenbewegung in Schwingung kommen, von der Seite her, von welcher die Welle kommt, nicht aber gleichzeitig von der entgegengesetzten, wohin die Welle geht, Bewegung mitgetheilt wird.

4) Die stehenden Wellen wiederholen sich, und dauern pendelartig fort, so lange bis die Hindernisse der Bewegung diese endlich aufhören machen. Eine deutliche Vorstellung ist leicht zu erhalten, wenn man sich eine gespannte Seite AB Fig. 95.
denkt, die in den Puncten a und e unbeweglich befestigt ist. Wirkt eine bewegende Kraft auf alle ihre Theile, so werden diese sich von der ruhenden Lage oder der geraden Linie, die sie bildeten, entfernen, bis ihre Spannung die Bewegung aufhören macht, nachdem sie die möglichst gröſste Entfernung von der Lage der Ruhe angenommen haben; die Spannung macht sie dann sich rückwärts bewegen, bis sie in der Lage der Ruhe das Maximum ihrer Geschwindigkeit erhalten haben, und vermöge der Trägheit sich abermals über diese Lage hinaus bewegen, bis ihre Spannung sie an der entgegengesetzten Seite abermals zur Ruhe bringt und eine neue Oscillation eintritt. Da hierbei die Ursachen und Wirkungen stets gleich bleiben, so müssen diese Oscillationen isochronisch seyn und würden ohne vorhandene Hindernisse der Bewegung ins Unendliche fortdauern[1]. Wird dagegen die Bewegung im Puncte c gehindert, ist zugleich ac von gleicher Länge als ce, erhält der Theil ce gleichzeitig einen Stoſs nach der entgegengesetzten Richtung, als ac, und ist endlich die Saite im Puncte c nicht absolut fest, wie in den Puncten a und e, so daſs die von a nach c gelangte Wellenbewegung sich von hier aus nach der entgegengesetzten Seite, als von a bis c fortpflanzen kann, so wird in allen diesen Fällen in c ein Ruhepunct, ein *Schwingungsknoten* entstehn, indem die von a nach c fortschreitende

1 Vergl. Art. ***Widerstand.***

Digitized by Google

und die von e nach c rücklaufende Welle sich im ge schaftlichen Puncte c begegnen, also einander aufheben. diese Weise verwandeln sich also die fortschreitenden W in stehende, wie zuerst Bernoulli[1] gezeigt, Chladn zugleich auf die longitudinalen und drehenden Schwing angewandt hat; Weber endlich zeigte, wie man diese bergang dem Auge sichtbar machen kann, wenn man ei ges, etwas starkes Seil am obern Ende befestigt, am u mit der Hand faſst, und durch schnelle kreisförmige Bew rotatorische Wellen von der bestimmten Breite uud in de stimmten Zwischenräumen der Zeit erregt, wobei sich di ſsen fortschreitenden Oscillationen in stehende verwandeln. die drehenden Schwingungen nebst den hierbei entstel *Knoten* lassen sich auf diese Weise sichtbar machen. dient gleichfalls ein am oberen Ende befestigtes Seil, unteres man mit der Hand hält, durch welche man ihm schnelle drehende Bewegung mittheilt, die dann an dem vielmal hin und her läuft.

5) Schwingende Bewegungen, Wellen dieser Art, men in der Natur sehr häufig vor, sowohl bei festen un pansibeln, als auch bei tropſbar-flüssigen Körpern. derselben sind groſs genug und erfolgen hinlänglich la um durch die Sinne wahrgenommen zu werden, wie die len des Wassers und Quecksilbers, die an langen Seile langen, dünnen Stäben sich zeigenden; man kann sich ben aber auch so groſs und so langsam denken, daſs si dadurch unwahrnehmbar werden, und solche finden sich falls in der Natur. Sehr viele derselben sind auf der Seite zu klein und gehn zu schnell vorüber, als d wahrnehmbar seyn sollten; bloſs eine gewisse Menge v nen oder vielmehr ihre Successionen werden im Scha den Nerven des Ohres oder vom Auge als Licht wahrg men. Auſser diesen nicht an sich, sondern nur aus ihren kungen wahrnehmbaren, giebt es höchst wahrscheinlich viele andere, die bis jetzt noch gar nicht erkannt sind deren Daseyn aber uns die Zukunft überzeugen wird, wenn anders überhaupt möglich ist. Vielleicht gehören hierh sicher existirenden Undulationen der Wärme, die probl

1 Comment. Petrop. T. XIII. ad ann. 1740.

Digitized by Google

aber der Elektricität und des Magnetismus, und vielleicht noch andere. Ueber die bekannten Arten der Wellen, namentlich die Schallwellen [1], die Lichtwellen [2] und in einigen Puncten auch die Meereswellen [3], ist bereits gehandelt worden, es kommt hier aber zunächst noch die Wellenbewegung der Flüssigkeiten zur Untersuchung.

6) Die undulatorischen Bewegungen in den Flüssigkeiten können eintreten, sowohl wenn diese in vollkommener Ruhe, als auch wenn sie in Bewegung sind. Im ersten Falle werden sie erregt, sobald das Gleichgewicht der einzelnen Flüssigkeitssäulen, woraus man sich die ganze Masse zusammengesetzt vorstellen kann, gestört wird; entweder wenn das Gewicht einer solchen Säule vermehrt, oder wenn es vermindert wird, z. B. wenn man einen schweren Körper auf die ebene Wasserfläche fallen läſst oder einen in das Wasser eingetauchten Körper herauszieht. Die wellenerregende Ursache ist entweder momentan wirkend und dann aufhörend, worauf die Bewegung von selbst fortdauert, oder sie ist fortwährend wirkend, und modificirt hierbei die einmal erregten Wellen beständig. Natürlich ist dieser letztere Proceſs der zusammengesetztere und verwickeltere, man hat aber auf ihn bei weitem die meiste Aufmerksamkeit gerichtet, weil er bei den Meereswellen vorkommend vorzügliches Interesse erregte.

7) Die Ursache, welche die Meereswellen erregt, ist zunächst der Wind, indem dieser theils in seiner Richtung gegen das Wasser stöſst und es niederdrückt, theils an der Oberfläche desselben nach Franklin's Ansicht haftet und es in seiner Bewegung mit sich fortreiſst. Diese Einwirkungen erfolgen ruckweise und zeigen sich nur in der Erzeugung der kleinen Wellen auf der ruhigen Oberfläche des Wassers. Inzwischen werden diese an den Stellen, worauf der Wind am stärksten stöſst, erzeugten kreisrunden, nach allen Seiten sich verbreitenden Wellen durch verschiedene Ursachen verstärkt, und zwar zuerst durch die fortdauernde Wirkung des Windes auf die im seiner Richtung fortlaufenden Wellen, dann durch

1 S. Art. *Schall.* Bd. VIII. S. 180 und *Undulation.* Bd. IX. S. 38.

2 S. Art. *Undulation.* Bd. IX. S. 1301.

3 S. Art. *Meer.* Bd. VI. S. 1736.

die Vereinigung mehrerer kleiner zu einer gröſseren
ferner durch den Druck, welchen jede Welle auf die
nächst liegenden ausübt, und endlich durch die Durchk
der Wellen, die sich in entgegengesetzter Richtung b
Bei jeder Welle, wenn wir uns dieselbe fortschreitend
ist die vordere Seite aufsteigend, die hintere dagegen
sinkend, und indem der Wind gegen die letztere drüc
fördert er dadurch ihr Niedersinken und dieses wiede
Aufsteigen der vorderen Seite; bei denjenigen Welle
die dem Winde entgegenkommen, findet das entgegen
Verhalten statt. Franklin vergleicht dieses mit den S
gungen einer Glocke, die stets zunehmen, wenn man b
ihrer aufsteigenden Bewegung auch nur einen kleinen
selbst bloſs mit dem Finger, hinzufügt; auch erklärt sic
aus die paradoxe Erscheinung, daſs die Meereswellen de
tigen Winde entgegen ans Ufer getrieben werden. A
aufgehobenen Gleichgewichte der einzelnen Wassermass
den hierdurch erzeugten Oscillationen (§. 1) folgt abe
eine Welle, sobald sie so weit, als ihre Breite beträgt,
gerückt ist, eine neue Welle hinter sich erzeugt, und d
diese Weise gegen 30 bis 40 und mehr Wellen hinter
der entstehn, die sich gegenseitig bedingen und in ihr
cillationen beharren, wenn die erste sie erzeugende läng
übergegangen ist. Die groſse Regelmäſsigkeit der Höhe u
Bewegung der Wellen wird hieraus erklärlich, da die
der Ungleichheit der Windstöſse nicht im Einklang steh
nicht statt finden würde, wenn sich die Wellen nich
sich bedingten. Als eine besondere modificirende Bed
ist aber die *Durchkreuzung* der Wellen zu betrachten,
leicht eine Erhebung des Wassers zur doppelten Well
herbeiführen kann. Solche Durchkreuzungen finden
statt, und erklären das Phänomen, daſs die höchsten W
oft zu zerrinnen scheinen, was mit anderweitigen, üb
bestehenden Gesetzen unverträglich seyn würde. Nach
Horsburgh[1] sieht man aber häufig zwei Wellenbew
gen mit verschiedenen Richtungen, die sich manni
durchkreuzen, ja man gewahrt sogar drei solche W
systeme, die einen ganzen Tag ihre Richtung und Gesc

1 Nicholson's Journ. Th. XV. p. 6. G. XXXII. 405.

Digitized by Google

ägiat regelmäſsig beibehalten und sich fortwährend durchkreuzen.

Hiermit hängt die merkwürdige Erscheinung zusammen, daſs die gröſseren Wellen sich schneller bewegen, als die kleinen gekräuselten, weswegen die ersteren unter den letzteren hinlaufen, diese aber zu ruhen scheinen, wie wenn man eine Walze unter einem Stücke Zeug hinrollt.

8) Die durch die angegebenen Ursachen wachsenden Wellen erhalten ihre enorme Gröſse nur unter der Bedingung, daſs die Wasserfläche sehr groſs und die Tiefe beträchtlich ist. Die erste Bedingung ist deswegen nothwendig, weil nur dann die fortschreitenden Wellen durch den Wind anhaltend wachsen, die Tiefe des Wassers ist aber unerläſsliche Bedingung, weil eine groſse, oft bis zum Meeresboden reichende Wassermasse in Bewegung gesetzt werden muſs. Haben die Wellen einmal ihre gröſste Höhe über tiefen Stellen erreicht, und kommen sie dann über minder tiefe, so nehmen sie an Höhe beträchtlich zu, werden aber an der Vorderseite durch gehinderte Bewegung so steil, daſs sie sich nicht halten können, sondern brechen. Ueber die absolute Höhe der Wellen, wobei jedoch nur von Meereswellen die Rede seyn kann, ist bereits das Nöthige gesagt worden[1], spätere Zeugnisse bestätigen übrigens, daſs dieselbe so bedeutend nicht ist, als manche poetische Beschreibungen sie angeben, denn auch Pentland[2] versichert, daſs sie in der Nähe von Cap Horn bei einem heftigen Sturm 32 engl. Fuſs nicht überstiegen.

Von den Wellen, die auf einer ruhigen Wasserfläche namentlich durch einen plötzlichen Stoſs erzeugt werden, unterstützen die vorderen die nachfolgenden, und befördern deren Höhe, während sie selbst, sofern ihnen diese Unterstützung mangelt, sich allmälig verflachen, an Breite zunehmen und dadurch verschwinden. Weber giebt an, wie man sich hiervon durch den Anblick überzeugen könne. Wirft man einen Stein in ruhiges Wasser, wartet man, bis das Wasser an dieser Stelle wieder ruhig geworden ist, faſst man eine der Wellen, die diesem Puncte am nächsten sind, fest ins Auge, und geht man,

1 S. Art. *Meer.* Bd. VI. S. 1740.

2 Comptes rend. T. V. p. 703. Poggendorff's Ann. Th. XLII. S. 32.

Digitized by Google

ohne sie zu verlieren, einige Schritte vorwärts, so sieht
40 bis 50 Wellen, die scheinbar von der glatten Stelle a
hen, vor sich vorüberziehn, wobei sich allezeit die vor
mehr verflacht und allmälig verschwindet, welches dann
folgende trifft, die demnächst zur vordersten wird. Stellt
den Versuch bei flieſsendem Wasser an, so werden die e
henden Wellen durch die eigene Bewegung des Wassers
zerrt, und es läſst sich aus ihrer Gestalt auf die ungleiche
schwindigkeit der einzelnen Wassermassen schlieſsen.

9) Jede Welle besteht aus einem Wellenberge und
Wellenthale[1], deren Begrenzungslinie, wenn man sie durch
auf ihre Länge perpendiculäre verticale Ebene geschnitten
vorstellt, eine durch mannigfaltige Umstände abgeänderte
bildet. Nach Flaugergues[2] ist der hintere Theil der W
von der Spitze des Berges an gerechnet, parabolisch gekr
der vordere dagegen nach einer Curve, die er eine Begle
der Cykloide nennt; nach Gerstner[3] ist die Krümmung
einer Spitze bis zur andern entweder eine gemeine oder
geschleifte Cykloide. Die Versuche der Gebrüder Webe
geben, daſs nach Umständen die Curven sehr verschieden
mehr oder weniger gedehnt und daher steiler oder flache
scheinend; oft sogar sind die Hintertheile und die Vorder
sowohl der Wellenberge, als auch der Wellenthäler ein
so ungleich, daſs sie von einander ganz unabhängig sche
Bei den Meereswellen, auf welche der Druck des Windes
dauernd wirkt, deren Gestalt auſserdem durch die vorausge
den Wellen, mitunter auch durch den Einfluſs des Boden
dingt wird, ist die Verschiedenheit aus den obwaltenden
ständen leicht erklärlich, und man gewahrt bei Stürmen,
mich eigene Erfahrung lehrte, nicht selten, daſs die Vorder
der Wellen statt einer convexen vielmehr eine concave F
bilden. Die Gebrüder Weber senkten in die Wellenr
worin sie die Wellen künstlich erzeugten, eine Glasscheibe
eine Schiefertafel senkrecht hinab, und zwar waren diese
Mehl bestreuet, wenn sich Quecksilber darin befand, rein

1 Vergl. Art. *Meer.* Bd. VI. S. 1744.

2 Verhandelingen uitgegeeven door de Hol. Maatschappy
Wetens. te Haarlem. XXIX. Deel. p. 191. Nach Weber S. 197.

3 Theorie der Wellen cet. Prag 1804. §. 14 u. 19.

Digitized by Google

die Versuche mit Wasser oder Weingeist angestellt wur-
Im ersten Falle zeichneten die Wellen sich durch den
geſtoſsenen Staub, im zweiten durch Benetzung selbst ab,
sie erhielten auf diese Weise mit Anwendung verschiede-
anderweitiger Kunstgriffe genau die Form der Wellen, je-
nicht solcher, die sich stets wieder erneuern und hinter
einander fortlaufen, wie die auf dem Meere.

Eine eigene Art von Wasserwellen habe ich oft zufällig
obachtet, und ihr Anblick kann dazu dienen, eine anschau-
Vorstellung von der Wellenbewegung überhaupt zu er-
halten. Sie lassen sich leicht erzeugen und mit vieler Genauig-
beobachten. Hierzu dient am besten eine etliche Fuſs
und etwa 0,75 bis 1,25 Zoll im innern Durchmesser hal-
Glasröhre, und da das wiederholte Füllen derselben mit
Wasser lästig seyn würde, so wendet man am zweckmäſsig-
die bereits beschriebene *Mayer'sche Röhre*[1] dazu an, die
leicht durch die erforderlichen Hebungen wieder füllen
Ist dieselbe bis zu einer gewissen Höhe, am besten ganz,
Wasser gefüllt, hebt man das untere Ende einen Moment
dem Wasser, und läſst man eine 0,5 bis 1,5 Zoll lange
darin aufsteigen, so bilden sich aus dem von oben
herum herabflieſsenden Wasser einander folgende Wellen,
ohne Zweifel dadurch entstehn, daſs das Wasser durch
Adhäsion an den Wandungen des Glases im Flieſsen ge-
wird. Die Breite der Wellen nimmt mit zunehmender
der Blase ab; ist diese zu gering, so wird die Breite
groſs, daſs zwei Wellen neben einander nicht Platz haben
daher nicht unterschieden werden, ist sie aber zu groſs, so
die Breite der Welle zu klein, als daſs man sie wahr-
nehmen könnte.

B. Resultate aus den Versuchen der Gebrüder Weber.

10) Um die Bewegung im Innern der wellenförmig be-
wegten Flüssigkeiten zu beobachten, verfertigten die Gebrüder
Weber einen gröſseren und einen kleineren Apparat, die sie

1 S. Art. *Aerostatik.* Bd. I. S. 266.

Digitized by Google

Wellenrinnen nannten. Der kleinere bestand aus einem über 5 Fuſs 4 Zoll langen Bodenbrete mit zwei tiefen S in welche parallele, 6,7 Lin. von einander abstehende, scheiben eingekittet waren, die einen 5 Fuſs 4 Zoll l 6,7 Zoll breiten und über 8 Zoll tiefen Raum einschlosse die zu untersuchende Flüssigkeit bis zu einer beliebigen aufzunehmen. Der zweite Apparat war auf ähnliche construirt, aber gröſser, indem er einen 6 Fuſs langen, 2, tiefen und 13,4 Lin. breiten Raum einschloſs, auch bes bei ihm die Seitenwandungen aus Holz mit eingesch Glasscheiben. Es darf kaum bemerkt werden, daſs die dungen gegen jede Art der Biegung durch hinlängliche S gesichert waren. Um hierin eine Wellenbewegung herv bringen, diente eine Glasröhre, die, am einen Ende einge durch Saugen mit einer Flüssigkeitssäule bis zu einer ge Höhe gefüllt wurde, und wenn diese dann plötzlich hera so lieſsen sich durch die Glaswände sowohl die Wellen a Oberfläche, als auch die Bewegungen der in den Flüssig schwimmenden Theilchen beobachten. Werden in diese mittelst eines Hebers Flüssigkeiten von ungleichen specif Gewichten gebracht, z. B. gefärbter Branntwein, sehr fl Oele, Wasser, Quecksilber u. s. w., so bilden diese ver dene einander parallele Oberflächen, und es lassen sich sowohl die Oberflächen der in ihnen gebildeten Wellen auch die Bewegungen im Innern derselben wahrnehmen. genaueren Messung diente auſserdem ein Mikroskop un sehr feiner Federcirkel, dessen Spitzen sich zwischen dem jective des Mikroskops und der Glastafel der Wellenrinne fanden, und zugleich mit den kleinen Theilchen gesehen den, die sich in den Wellen der Flüssigkeiten bewegten.

11) Wenn die unter einander verbundenen Weller und Wellenthäler einander gleich oder fast gleich sind, s schreiben die einzelnen Wassertheilchen in sich selbst zurü fende oder fast zurücklaufende Curven, die in einer vert Ebene liegende Ellipsen zu seyn scheinen. Beim Fortsch eines Wellenberges in der Wellenrinne bewegten sich a der Flüssigkeit schwebende Theilchen successiv in einem I
Fig. abc aufwärts, vorwärts und abwärts in der Richtung, in
96. cher der Wellenberg selbst fortschritt, und der senkrechte stand des höchsten Punctes b vom Niveau ac war der

Digitized by Google

Wellenberges genau gleich; folgte hinter dem Wellenberge gleich tiefes Wellenthal, so bewegte sich das Theilchen den Bogen c d a wieder an seinen Ort zurück, mithin der [Richt]ung der fortschreitenden Welle entgegen, wobei die Tiefe dem Niveau der früheren Höhe gleich war. Sofern aber Wellenberg und ein Wellenthal stets mit einander verbunden, so finden jederzeit beide Bewegungen statt. Wenn die Wellenberge und Wellenthäler einander nicht gleich, wie dann der Fall ist, wenn sie einander nicht regelmäſsig folgen, sondern eine Welle sich im ruhigen Wasser bewegt, so legen die Theilchen keine in sich zurücklaufende Bahn zurück, sondern ihre Bahnen sind a b c d e oder a'b'c'd'e'. Die Bahnen der Flüssigkeitstheilchen entfernen sich Fig. 97. an der Oberfläche anscheinend von der Kreisform, gehen mit der Tiefe zunehmend zu gestreckteren Ellipsen über, sich in gröſserer Tiefe in gerade Linien verwandeln, was Zweifel eine Folge der Einwirkung des Bodens ist. Ueberraschend war dabei die Wahrnehmung, daſs die bis 15 Zoll in der kleinen Wellenrinne stets gestreckter werdenden 6 bis 7 Zoll über dem Boden weniger gestreckt zu anfangen. Diese Bewegung der Wassertheilchen erstreckte sich bis zu einer Tiefe, welche 350 mal gröſser war, die Höhe der Welle, und war daselbst sogar mit unbewaffneten Auge noch sichtbar; sie müſste demnach bei 10 Fuſs hohen Meereswellen bis zu 3500 Fuſs tief hinabreichen. Merkwürdig ist hierbei, daſs die Bewegungen der Wassertheilchen, in der verticalen Linie unter einander liegen, den angestellten Beobachtungen gemäſs gleichzeitig beginnen, jedoch findet nicht statt, wenn eine Lage Quecksilber sich unter einer Wasser befindet, was jedoch eine Folge der ungleichen Gewichte dieser Flüssigkeiten seyn muſs. Dagegen kommen in der horizontalen Ebene liegenden Theilchen nur successiv, so wie die Welle selbst fortschreitet, in die schwingende Bewegung.

12) Die schwingenden Bewegungen der einzelnen Flüssigkeitstheilchen und ihren Zusammenhang mit der Gestalt der fortschreitenden Welle haben die Gebrüder Weber durch eine Zeichnung versinnlicht, welche die Sache sehr anschaulich dar- Fig. 98. stellt. Zur gröſseren Leichtigkeit wird vorläufig angenommen, daſs die durch die Wassertheilchen durchlaufenen Bahnen

Digitized by Google

kreisförmig statt elliptisch sind, wonach dann die neben
der befindlichen Kreise α, β, γ..... diejenigen bezeichnen
che die einzelnen Theilchen während der Wellenbe
durchlaufen. Es sind drei Wellenlinien, die erste durch 1, 1,
die zweite durch 2, 2, 2, 2, 2, die dritte durch 3, 3, 3
bezeichnet, dargestellt, die einander folgen und sich du
gewählte Art der Linien unterscheiden lassen. Um die
lenlinie und die in der Welle statt findende, ihr zug
und mit ihr correspondirende Bewegung der einzelnen
chen, zu finden, theilt man den Kreis in eine willk
Menge von Theilen. Es gehören dann allezeit so viele
zur Darstellung einer ganzen Welle, als die Zahl der
beträgt, die man gewählt hat, weswegen diese auch gan
kürlich ist. Es seyen die Kreise in 6 Theile getheilt,
hören zur vollständigen Welle 6 Kreise, in denen die
chen successiv um ein Sechstel später in Bewegung g
und hiernach durch die Stelle, worin sie sich befinden
Oberfläche der Welle bezeichnen, wozu sie gehören.
demnach die Welle 1, 1, 1,... in A an und rückt das i
eghörige Theilchen um $\frac{1}{6}$ des Kreises weiter, so muſs d
Welle zugehörige, um $\frac{1}{6}$ der Zeit später in Bewegung
mende Theilchen sich in B befinden, das des nächstfol
in C, und sonach wird die Oberfläche der Welle nac
Zeittheilen sich in D befinden. Fährt man auf gleiche
die Umdrehung der Theilchen in den gegebenen K
verfolgend fort, so gelangt man zu den Puncten E und F
letzt aber zum Anfangspuncte G, wo gleichzeitig die
wieder aufzusteigen anfängt, wenn sich in Folge der voll
ten ganzen Umdrehung in A die ihr zugehörige neue
bildet. Die Zeichnung versinnlicht zugleich auch das V
ten, wonach die Bewegungen der Theilchen sich durchkre
Hierüber bemerkt Weber, daſs die Schwingungsbahne
unter einander liegenden Theilchen ebensowohl, als
Schwingungsbahnen der im senkrechten Querdurchschnitt
Wellen hinter einander liegenden Theilchen sich durchkre
Allein die Theilchen treffen sich in den Kreuzungspu
ihrer Bahnen dennoch nicht, stören sich daher auch nicht,
zwar deswegen, weil erstlich alle senkrecht unter einander lieg
Theilchen gleichzeitig in die sich entsprechenden Puncte
Bahnen treten, und weil zweitens zwei in einer horizon

Digitized by Google

Flüſsigkeitsschicht unmittelbar hinter einander liegende Theilchen, wenn diese Schicht in Wellenbewegung kommt, ihre Bewegung successiv so beginnen, daſs jedes nächstvordere Theilchen um einen kleinen Zeitraum später an den entsprechenden Ort seiner Bahn gelangt, als das zunächst hinter ihm gelegene Theilchen. Diese successiv anfangende Bewegung bringt es mit sich, daſs da, wo sich die Bahnen der neben einander gelegenen Theilchen oben kreuzen, dasjenige Theilchen über den Kreuzungspunct passirt, welches seine Bewegung später angefangen hat und welches dem vordersten Puncte der Welle näher liegt, daſs dagegen unten, wo sich die Bahnen zweier horizontal neben einander gelegenen Theilchen auch kreuzen, dasjenige Theilchen den Kreuzungspunct früher passirt, welches früher angefangen hat, sich zu bewegen, und dem hintersten Puncte der Welle näher liegt. Auf jeden Fall können also zwei in einer horizontalen Ebene einer Flüssigkeit neben einander liegende Theilchen niemals zugleich durch die Kreuzungspuncte ihrer beiden Bahnen laufen und sich treffen. Die in der Figur enthaltenen Pfeile bezeichnen die Bahnen, welche die tieferen Theile der Flüssigkeit durchlaufen, unter der Voraussetzung, daſs diese Bahnen sich stets gleich bleiben, was aber (nach §. 11) nicht in ganzer Strenge der Wahrheit gemäſs ist.

Aus dem bloſsen Anblicke der Figur gehen noch einige Thatsachen hervor, die an sich klar bloſs einer Hinweisung bedürfen. Während ein Theilchen der Flüssigkeit einmal seine Bahn durchläuſt, schreitet die Welle, worin sich dasselbe befindet, um so viel fort, als ihre Breite beträgt, und daher durchläuft ein Theilchen so oſt seine Bahn, als Wellen durch den Ort gehen, wo sich das Theilchen bewegt, und der senkrechte Durchmesser der Bahnen, welche die an der Oberfläche befindlichen Theilchen durchlaufen, ist der Höhe der Welle gleich. Dagegen findet nach Weber kein bestimmtes Verhältniſs zwischen dem horizontalen Durchmesser dieser Bahnen und der Breite der Wellen statt, vielmehr sind bei gleich hohen, aber ungleich breiten Wellen die Schwingungsbahnen in den breiteren Wellen nach ihrem senkrechten und horizontalen Durchmesser kleiner, in den schmäleren gröſser, und umgekehrt bei gleich breiten, aber ungleich hohen Wellen in den höheren Wellen nach beiden Durchmessern gröſser, als in den niedrigern.

Digitized by Google

Hiernach ist die Geschwindigkeit, womit ein Theilche
Bahn durchläuft, unter übrigens gleichen Bedingungen
gröſser, je höher die Welle ist; denn die Bahnen sind
niedrigeren und breiteren Welle kleiner, als in der höher
schmaleren, und dennoch bedürfen die Theilchen mel
um die kleinere Bahn zu durchlaufen, als zum Durchlau
gröſseren erfordert wird. Die Länge der Zeit, welc
Wassertheilchen zum Durchlaufen seiner ganzen Bahn
ist also von der Länge und Breite der Welle abhängig.
auffallend ist aber das aus genauen Messungen hervorg
Resultat, daſs von den in einer verticalen Linie unter e
liegenden Flüssigkeitstheilchen die oberen ihre Bahnen
gerer, die unteren in kürzerer Zeit durchlaufen. Die
hervorgehende Folgerung, daſs demnach die unteren Wel
oberen vorauseilen müſsten, fand sich nicht bestätigt,
bliebe daher bloſs übrig anzunehmen, daſs die tieferen
schmäler seyn müſsten, was die Gebrüder Weber anzu
geneigt sind. Es scheint mir, als dürfe man die Er
aus dem (§. 11) angegebenen Umstande ableiten, daſs
feren Wassertheilchen nicht ganz in sich zurücklaufend
nen bilden und also diese verkürzten Bahnen in kürze
mit zwischenliegenden Intervallen der Ruhe zurücklegen
ist es bedenklich, hierüber eine Hypothese zu wagen.
kenswerth hierbei ist aber, daſs die Flüssigkeitstheilchen
Tiefe nach dem Durchgange einer Welle eine regel
lange fortgesetzte und sowohl an Gröſse als auch ar
lange gleichbleibende horizontale Hin- und Herbewegu
nehmen, die einer stehenden Schwingung gleicht, un
lange fortdauert, wenn die Theilchen in der Mitte und
Oberfläche längst zur Ruhe gekommen sind.

Ist endlich diese Umdrehung der Flüssigkeitstheilch
mal hervorgerufen, so folgt auf diese nicht sofort Ruhe
dern sie wiederholt sich, wird aber etwas kleiner und i
zerer Zeit vollendet, als die erste. Hierin liegt der
daſs die über eine ebene Flüssigkeit fortrückenden Well
dere ihnen nachfolgende Wellen erregen, deren Zahl bis
und selbst darüber steigt, wobei die vorausgehenden und
folgenden sich wechselseitig bedingen und die nachfol
zunächst stets kleiner, durch die vorauseilenden aber
ben werden, so daſs die ersten Wellen sich mehr

Digitized by Google

chen und allmälig zerrinnen, die nachfolgenden erst wachsen, die diesen folgenden aber wieder abnehmen, bis sich die Ruhe der Flüssigkeit wieder herstellt.

13) Nehmen wir alles dieses zusammen, so wird daraus ersichtlich, daſs die Vorstellung, die man früher über die Wellenbewegung hegte, die zuerst von Newton[1] ausging und nachher von s'Gravesande[2], d'Alembert[3], Gehler[4] und Andern angenommen wurde, durch die Versuche der Gebrüder Weber eine wesentliche Abänderung erhalten hat. Dem Wesen nach gehört jene Vorstellung den stehenden Wellen an, aber nicht auf die fortschreitenden. Hiernach bestehen die Wellen aus wechselnden Oscillationen (§. 1), indem die Flüssigkeitssäulen steigen und sinken, also an derselben Stelle ein Wellenberg aufsteigt, wo vorher ein Wellenthal war, und umgekehrt. Auf diese Vorstellung wurden Newton und die Gelehrten nach ihm wohl ohne Zweifel dadurch geführt, daſs sie der durch den Schein gegebenen Ansicht begegnen wollten, als seyen die Wellen fortlaufende Wasserberge, die sich mit einer der Wellenbewegung gleichen Geschwindigkeit fortrollten. Diesen Irrthum widerlegt eine genauere Beobachtung des Verhaltens; denn wenn die Schildkröten, ein Schiff oder irgend ein schwimmender Körper sich auf dem wellenschlagenden Wasser befinden, so werden sie durch die Wellen abwechselnd in die Höhe gehoben und sinken wieder herab, ohne sich mit der fortschreitenden Welle fortzubewegen. Betrachtet man indeſs dieses Phänomen genauer, so überzeugt man sich bald, daſs die Gebrüder Weber dasselbe schärfer und mit Vermeidung der so leicht dabei statt findenden Täuschung aufgefaſst haben; denn selbst wenn die Wellen einander regelmäſsig folgen und demnach stehende oder diesen ähnlich sind, so bleiben dennoch solche Körper, namentlich die leichteren, nicht stets in der horizontalen Lage, sie gleiten auch von der Höhe des Wellenberges in die Vertiefung des Wellenthales herab, wie nothwendig der Fall seyn müſste, wenn der Wellenberg eine eigentliche Erhöhung des Wassers wäre,

1 Princip. Lib. *II.* Sect. 8. prop. 44.
2 Phys. Elem. Lib. *III.* cap. XI.
3 Encyclop. Art. *Onde.*
4 Wörterb. a. A. Art. *Welle.* Th. IV. S. 684.

Digitized by Google

von welcher dann die Wassertheilchen gleichfalls nach Seiten in die Vertiefungen herabfließsen würden, sond schwebenden Körper nehmen zugleich eine schaukeln wegung an, steigen dabei in Folge des sich erhebender lenberges, und sinken mit dem entstehenden Wellenthal eine natürliche Folge der richtig vorgestellten Wellenbe ist. Hiernach schreitet der Wellenberg gleichmäſsig ü Niveau der Flüssigkeit erhaben fort, ohne daſs die n Wassermasse fortflieſst, indem vielmehr der Wellenbe fortwährend erneuert, wobei nicht alle Theile desselben zeitig niedersinken und ebenso nicht alle Theile des thales gleichzeitig zu steigen beginnen, sondern das sowohl als auch das Niedersinken successiv erfolgt, einige Theile des Wellenberges im Steigen, andere im sinken begriffen sind, was auf gleiche Weise auch Wellenthälern statt findet. Die zwei Hälften eines We ges sowohl, als auch eines Wellenthales befinden sich einer entgegengesetzten Bewegung; während die vorder des Wellenberges steigt, beginnt die hintere schon zu und mit ihr zugleich die ihr nächste Hälfte des Well indem die hintere Hälfte des letzteren schon zu stei fängt. Die Gebrüder Weber bemerken mit Recht, dal wenn die Wellen nach Newton's Vorstellungsart aus selnden Hebungen und Senkungen beständen und d allen gleichzeitig wechselnd erfolgten, ein Zwischen statt finden müſste, in welchem beide halb vollende und die Wasserfläche eine Ebene darböte.

14) Hieraus wird folgende interessante Erscheinur erklärbar. Wenn in einer der zu den Versuchen ange Wellenrinnen am einen Ende eine weite Glasröhre ei ist und man nach völliger Herstellung der Ruhe dadu Welle erzeugt, daſs man eine Wassermasse schnell in d aufsaugt, ohne sie wieder sinken zu lassen, so entsteht ans Ende fortlaufende, mit dem Thale vorangehende W Bewegung der Wassertheilchen oder kleiner im Wasser bender Körperchen aber beginnt nach abwärts und der bewegung entgegen. Läſst man dagegen die in der Röl gesogene Flüssigkeit nach wiederhergestellter Ruhe herabsinken, so läuft der Wellenberg voran, die Was chen beginnen ihre Bewegung nach aufwärts und in de

der Wellenbewegung. Wenn man ferner auf einer läng-
, schwach vertieften Fläche eine Lage Quecksilber aus-
, und dadurch eine Welle erzeugt, daſs man in der Mitte
Körper einsenkt, so wird von diesem Puncte aus eine
nach allen Seiten fortlaufen. Kommt diese Welle am
an, so dehnt sich die gesammte Quecksilberfläche aus
vergröſsert sich, zieht sich aber augenblicklich wieder zu-
und nimmt ihre vorherige Gröſse wieder an; erregt man
die Welle dadurch, daſs man einen in der Mitte der Me-
befindlichen Körper schnell wegnimmt, so tritt die
gegesetzte Erscheinung ein, die Masse zieht sich am
zusammen und kehrt nachher wieder zurück.

15) Die Geschwindigkeit der Meereswellen ist zwar durch
bestimmt, wie bereits erwähnt wurde [1], allein die
, welche hierauf Einfluſs haben, sind durchaus
zu ermitteln, weil man die ohnehin stets wechselnde
des Windes ebenso, als die ungleiche Tiefe und die
ffenheit des Bodens zu kennen sich auſser Stande befin-
Will man daher die Ursachen kennen lernen', welche
wirksam sind, und zugleich die Art und Stärke ihrer
keit, so kann dieses nur durch Versuche geschehen,
verdanken es daher dem Fleiſse der Gebrüder Weber,
sie auch diese Frage beantwortet haben. Zu diesem Ende
sie sich der beiden (§. 10) beschriebenen Wellenrin-
, in denen sie vermittelst des plötzlichen Niedersinkens ei-
gewissen Masse der Flüssigkeit aus einer am Ende des
eingetauchten Röhre Wellen erregten und die Zeit
deren Ankunft am andern Ende mittelst einer Tertienuhr
. Hiernach vermindert sich die Geschwindigkeit der
mit abnehmender Tiefe, jedoch in einem geringeren,
dieser Abnahme proportionalen Verhältnisse. Diese
derung ist eine Folge der durch die Nähe des Bodens
freien Beweglichkeit der Flüssigkeitstheilchen, der
Adhäsion und sonstiger Umstände, und zeigt sich
im Groſsen bei den Meereswellen. Merkwürdig war das
, daſs das spec. Gewicht der Flüssigkeiten auf die Ge-
digkeit der Wellen anscheinend gar keinen Einfluſs hat.
Folgerung wurde aus Versuchen mit Kochsalzwasser,

---

1 S. Art. *Meer.* *Bd. VI. S. 1743.*

süſsem Wasser und Branntwein hergenommen, mit Quec
konnten sie nur bei geringer Tiefe angestellt werden, w
Wandungen des Apparates dem Drucke einer tiefen Qu
bermasse nicht widerstanden. Bei geringen, nicht über
hinausgehenden, Tiefen dagegen zeigten die ungleich sc
Flüssigkeiten allerdings Unterschiede, die zunächst und v
weise wohl aus der verschiedenen Adhäsion der Flüssi
an den Wandungen der Apparate entsprangen, zugleic
vermuthlich auch durch die ungleiche Adhäsion der F
keitstheilchen unter sich herbeigeführt wurden; denn
bis zwei Zoll Tiefe waren die durch eine gleich groſse
fallende Flüssigkeitssäule erregten Wellen beim Quec
höher und schmäler, beim Wasser niedriger und breiter
Branntwein noch niedriger und breiter.

Die Geschwindigkeit der Wellen hängt nicht blo
ihrer Breite ab, wie Newton, s'Gravesande, d'Ale
und Gerstner annahmen, sondern von ihrer Gröſse im
meinen, also ihrer Höhe und Breite zugleich; doch sche
Länge keinen Einfluſs zu haben. Werden in ruhigem
durch einen hineingeworfenen Stein Wellen erregt, so v
ten sich diese kreisförmig, dehnen sich dabei stets me
werden also breiter, und müſsten somit auch gesch
werden, wenn ihre Geschwindigkeit bloſs von ihrer Bre
hinge; erzeugt man aber in einiger Entfernung durch
zweiten hineingeworfenen Stein neue Wellen, so sieht ma
die letzteren die ersteren überholen. Hiermit übereinsti
ist die Geschwindigkeit der Wellen um so gröſser, je
die sie erregenden Ursachen wirken, weil diese zugleic
Gröſse bedingen, denn ein gröſserer oder höher herabfa
Stein erregt gröſsere und zugleich geschwindere Wellen
ein kleinerer und aus geringerer Höhe herabfallender; au
wahrt man schon auf einer Quecksilberfläche das En
gröſserer und schnellerer Wellen durch einen gröſsere
höher herabfallenden Tropfen dieses Metalls, als durch
kleineren oder einen aus geringerer Höhe herabfallenden.
gens vermag ein kleinerer, aber aus gröſserer Höhe herab
der Körper gröſsere Wellen zn erzeugen, als ein gröſserer
cher aus geringerer Höhe herabfällt; denn die Stärke de
pulses ist hierbei das Bedingende. Schreitet eine Welle
schen parallelen Wänden fort, wobei ihre Länge unve

Digitized by Google

bleiben muſs, so vermindert sich ihre Höhe, ihre Breite aber nimmt zu. Sofern aber die Geschwindigkeit derselben von beiden Bedingungen zugleich abhängt, bleibt sie fast unverändert, und die Welle wird nur um so viel langsamer, als die Adhäsion an den Wandungen und der Widerstand der Luft dieses bewirkt. Um Wellen von verschiedener Länge zu erzeugen, lieſsen die Gebrüder Weber ein Gefäſs anfertigen, welches die Gestalt eines Octanten hatte und durch ein eingelassenes verticales Bret in halbe und Viertel-Octanten getheilt werden konnte. Wurden dann in dem Winkel dieses Gefäſses durch eine herabsinkende Wassersäule Wellen erregt und die Zeiten ihrer Hin- und Hergänge zum Bogen und rückwärts zum Winkel mittelst der Tertienuhr gemessen, so erhielt man die Geschwindigkeiten derselben. Hieraus ergab sich, daſs sich die Geschwindigkeit und Höhe einer Welle vermindert, wenn sie beim Fortschreiten an Länge zunimmt, daſs dagegen ihre Höhe und Geschwindigkeit sich vergröſsert, wenn ihre Länge beim Fortschreiten sich vermindert.

16) Eine der wichtigsten Untersuchungen betrifft das Verhalten der Wellen bei ihrer Durchkreuzung, da es bekannt ist, daſs die Schallwellen sich vielfach durchkreuzen, ohne sich wechselseitig zu hindern oder aufzuheben. Die genannte kleinere Wellenrinne bot den Gebrüdern Weber die Mittel dar, die hierüber aufzuwerfenden Fragen zu beantworten.

Handelt es sich zuerst um die Veränderung der Gestalt zweier sich begegnender Wellen, so diente zu deren Bestimmung die kleine Wellenrinne, die mit Quecksilber bis zu zwei Zoll Höhe angefüllt war. An beiden Enden wurden gleichzeitig durch das Herabsinken einer Masse Quecksilber Wellen erregt, die sich daher in der Mitte begegnen muſsten. Die Höhe der Wellen war dadurch kenntlich gemacht, daſs sie den Staub von der eingetauchten bestaubten Glasscheibe bis zur Höhe der Wellengrenze weggewischt hatten; in der Mitte der hierdurch erzeugten geraden Linie erhob sich aber das Segment einer dem Kreise sehr nahe kommenden Curve bis etwa zur Hälfte der von den einzelnen Wellen erreichten Höhe. Betrug aber die Höhe des Quecksilbers im Apparate nur einen Zoll, und wurden insbesondere die Wellen durch höhere, in den Röhren an beiden Enden aufgesogene und plötzlich wieder herabsinkende Quecksilbersäulen erzeugt, so bildeten sich durch ihre Verei-

Digitized by Google

nigung höhere und unregelmäſsig gekrümmte Erhebungen der Apparat zwei Zoll hoch mit Wasser gefüllt, und die Wellen durch das Herabsinken von 6 Zoll hohen W säulen an beiden Enden erzeugt, so verhielt sich die Hö einzelnen Wellen zu der der vereinten, wie 1 zu 1,79 Augenblicke des Zusammenfallens zweier Wellen erzeuge also einen beträchtlich höheren Wellenberg. Die so erz höheren Wellenberge trennen sich sofort wieder in zwei len, die nach entgegengesetzten Enden fortlaufen und sic weiter von einander entfernen. Hierbei sinkt der entst hohe Wellenberg nach beiden Seiten nieder und bringt au Seite seinen Fuſs zum Steigen, es bildet sich hinter dem hierdurch entstandenen, Wellenberge ein Wellenthal, u bloſse Anschein läſst daher nicht unterscheiden, ob die Wellenberge mit ihren Wellenthälern gegen einander ge sind und von einander abprallend sich rückwärts be oder ob beide durch einander hindurchgegangen sich anfänglichen Richtung weiter bewegen. In der That das Ansehen, als ob beide Wellen ungestört durch ei gegangen wären. Ging vor dem Zusammentreffen der W berg voran, so behielt auch die Welle, welche nach de sammenstoſsen in derselben Richtung fortgeht, diese C bildeten aber die zusammenstoſsenden Wellen Thäler, die Berge folgten, so fand dasselbe auch bei den nac Zusammenstoſsen in derselben Richtung fortlaufenden statt. War der eine der zusammengestöſsenen Welle höher als der andere, so verhielten sie sich nach dem Z menstoſsen so, als ob jeder derselben ungestört seine fortgesetzt hätte. Es hatte somit völlig das Ansehen, beide Wellenberge ungestört durch einander hindurchge wären.

17) Da die Wellenbewegung hauptsächlich auf der i Bewegung der Flüssigkeitstheilchen beruhet, so verdiente bei zusammenstoſsenden Wellen vorzugsweise untersuc werden, wenn es um die Aufklärung des hierbei statt fin Verhaltens zu thun war. Sofern die einzelnen Theilch Flüssigkeiten kreisförmige oder genauer elliptische Bahne schreiben, so lieſs sich schon im voraus vermuthen, daſs das Zusammenstoſsen zweier Wellen diese in horizontaler tung gestreckten Bahnen sich in der verticalen mehr verlä

Digitized by Google

würden, und dieses fanden auch die Gebrüder Weber durch ihre Versuche bestätigt. Als sie die kleine Wellenrinne zwei Zoll hoch mit Wasser füllten, an beiden Enden durch gleichzeitiges Herabfallen einer 6 Zoll hohen Wassersäule Wellen erzeugten, die in der Mitte zusammenstieſsen, und die Bewegung der kleinen im Wasser schwimmenden Körperchen durch ein Mikroskop beobachteten, sahen sie diese unter der Spitze des Fig. 99. erhöhten Wellenberges bei a in verticaler Richtung auf und ab sich bewegen, zu beiden Seiten aber bei b und c, d und e, g wurde ihre Richtung zunehmend schräger. Wo also Wellen im höchsten Puncte zusammentrafen, war die horizontale Richtung der Theilchen völlig aufgehoben, von hier an weniger, bis endlich die gewöhnlichen Bahnen wiederhergestellt wurden. Sofern also durch das Zusammentreffen Wellen die horizontale Bewegung der Flüssigkeitstheilchen beschränkt wird, muſs die verticale verstärkt werden und Welle dadurch eine höhere und spitzere Gestalt annehmen. Wellen gehen daher weder durch einander hindurch, noch sie von einander ab, sondern die Ursache der veränderten Gestalt liegt in der modificirten Bewegung der Flüssigkeitstheilchen. Dabei ist zu bemerken, daſs das Zusammenstoſsen beider Wellen nicht bloſs ein einziges Mal statt findet, sondern es wiederholt sich mehrmals, indem die Theilchen sich in den angegebenen Richtungen nicht ein einziges Mal bewegen, diese Bewegung eine Zeit lang beibehalten.

10) Eine dritte Frage betrifft den Einfluſs des Zusammenstoſsens der Wellen auf die Geschwindigkeit ihrer Bewegung, nämlich dadurch eine Beschleunigung oder Verzögerung herbeigeführt wird. Um hierüber Auskunft zu erhalten, maſsen die Gebrüder Weber mittelst einer Tertienuhr die Zeit, welche die freien und die zusammenstoſsenden Wellen gebrauchten, um vom einen Ende der Wellenrinne zum andern zu gelangen, und fanden dadurch im Mittel aus neun Versuchen die Dauer der ersten Bewegung = 2 Sec. 17 Tertien, die Dauer der zweiten aber 2 Sec. 24 Tertien, woraus also eine Verzögerung von 7 Tertien hervorgeht. Der Unterschied ist unbedeutend und beträgt nur etwa 0,05 des Ganzen; es lohnt sich aber dennoch der Mühe, die Ursache desselben aufzusuchen. Man könnte vermuthen, die Verzögerung sey eine Folge der langsameren Wellenbewegung nach dem Zusammenstoſsen, allein diese Hy-

Digitized by Google

potheſe ist sehr unwahrscheinlich, denn hiernach müſste wiederholt zusammenstoſsenden Wellen zunehmend lang werden, was der gemeinen Beobachtung nicht entgehen k da im Versuche nicht eine einzige Welle, sondern mehrer ter einander herlaufende Wellen erzeugt wurden, die i nämlichen Puncte zusammenstieſsen. Bei weitem wahrs licher und aus der Natur der Sache entnommen ist die rung, wonach die Wellen um so viel verzögert werden, Störung oder partielle Aufhebung ihrer Bewegung in ho taler Richtung in Folge des Zusammenstoſsens beträgt, dieses steht mit dem eben beschriebenen Verhalten vollko im Einklange. Wir können uns vorstellen, daſs durch d sammenstoſsen der Wellen wenigstens eine der Bahnen, sich die Flüssigkeitstheilchen beim Fortgange der Welle wegen, aus der kreisförmigen in die verticale übergehe die Welle muſs daher um so viel in ihrem Fortgange ve werden, als die Zeit dieser verticalen Bewegung der F keitstheilchen beträgt; diese Zeit wird aber noch dadurch vergröſsert, daſs sich die elliptischen Bahnen der Flüssi theilchen erst allmälig wieder herstellen.

19) Die Gebrüder Weber haben auch über das *Z prallen* der Wellen oder ihre Zurückwerfung von eine dernden verticalen Fläche, auf welche sie bei ihrer Bew in perpendiculärer Richtung stoſsen, ausführliche Unters gen angestellt, welche folgende wesentliche Resultate Zuerst darf man sich das Anprallen nicht dem ähnlich v len, wie es bei einer elastischen Kugel statt findet, bei cher ihre beiden Hälften nach dem Anstoſsen ihre geger Lage beibehalten, statt daſs der Wellenberg und das W thal in ihrer Lage umgekehrt werden, indem sie währe Zurückwerfung gleichsam durch einander hindurch gehen hierbei statt findende Verhalten, je nachdem die Welle n rem Thale oder ihrem Berge aufstöſst, wie dieses bei de suchen in der Wellenrinne beobachtet wurde, läſst sich verschiedenen Stadien anschaulich darstellen. Es sey allgemein g f die Oberfläche der Flüssigkeit; k i die z

Fig. 100. werfende Fläche; a b c d e eine gegen die zurückwerfende senkrecht anlaufende Welle, so zeigen die Nummern 1 die Verwandlungen der Gestalt des Wellenberges und W thales für gleiche Zeiten, die so groſs sind, daſs währen

[illegible] die ganze Welle um ein Viertel ihrer Breite weiter rückt. Nach 1 geht der Wellenberg c d e voran, das Wellenthal a b c folgt ihm, und der Anfangspunct des Wellenberges erreicht die zurückstoſsende Ebene. Nach 2 ist die hintere Hälfte des Wellenberges mit der vorderen zusammengefallen, der Wellenberg ist dadurch auf die Hälfte seiner Breite gebracht, hat aber nun die doppelte Höhe erreicht, während das Wellenthal unverändert um die Hälfte seiner Breite vorgerückt ist. Nach 3 ist der Wellenberg seiner ganzen Breite nach bereits zurückgegangen, er würde also seine frühere Gestalt wieder erhalten haben, wenn nicht gleichzeitig das Wellenthal ihn ausgefüllt hätte, wodurch für diesen Zeitraum die ebene Fläche eintreten muſs. Nach 4 haben sich durch das Fortrücken des Wellenberges in entgegengesetzter Richtung und des Wellenthales in der ursprünglichen beide wieder getrennt, das Wellenthal ist gleich von der Wand i k zurückgestoſsen, und daher fast doppelt so tief geworden, als es anfangs war. Nach 5 ist die Spaltung vollendet, der Wellenberg läuft wieder voraus und das Wellenthal hinter ihm her, beide in entgegengesetzter Richtung nach g.

Am belehrendsten und interessantesten hierbei ist die sich bildende Interferenz, die man auch ohne künstliche Messung mit bloſsen Augen beobachten kann. Beginnt der an der zurückwerfenden Ebene angekommene Wellenberg durch das Wellenthal zurückzugehen, so macht er eine Bewegung, welche die Gebrüder Weber mit der Umdrehung eines zweiarmigen Hebels um seinen Unterstützungspunct vergleichen. Der ruhige Punct der Oberfläche, worin die Flüssigkeit sich weder hob noch senkte, lag ungefähr 8 Zoll von der zurückwerfenden Ebene entfernt, und so wie ein zweiarmiger Hebel bei seiner Drehung in eine Lage kommt, daſs er vollkommen horizontal liegt, so kam auch die Oberfläche der Flüssigkeit für ein Moment an der Stelle, wo der Wellenberg und das Wellenthal durch einander gingen, zur vollkommen ebenen Lage. Die an der Oberfläche der Flüssigkeit schwebenden Theilchen in der Nähe der zurückwerfenden Ebene, die sich während der Zurückwerfung der Wellen aufwärts und abwärts bewegten, bewegten sich am Orte der Interferenz aufwärts, dann etwas weniges abwärts, und dann in derselben Höhe beharrend etwas in horizontaler Ebene hin und her, bis sie erst später ebenso tief

herabsanken, als andere, nicht in der Interferenz liegende
chen gleich nach ihrem Aufsteigen wieder herabgesunke
ren. Bei anderen Theilchen, die nicht in der Mitte der
ferenz lagen, war diese Verzögerung um so weniger me
je weiter sie von diesem Mittelpuncte abstanden. Die E
nung des Interferenzpunctes von der zurückwerfenden
ki beträgt genau den vierten Theil der Wellenbreite, und
daher benutzt werden, um die Breite der ganzen We
messen, vorausgesetzt, daſs Wellenberg und Wellenthal
breit sind, was zwar bei der ersten erzeugten Welle ni
ganzer Strenge, wohl aber bei den nachfolgenden der F
Dieses Verhalten hängt genau zusammen mit der Bewegun
Flüssigkeitstheilchen, deren Bahnen beim Anprallen der W
mehr und mehr von ihrer Breite verlieren, und sich eine
ticalen geraden Linie nähern, in welche sie ganz in der
der zurückstoſsenden Ebene übergehen. Hierbei macht es
nen Unterschied, ob der Wellenberg oder das Wellenthal
ausgeht, auſser daſs die Theilchen der Flüssigkeit, wenn das W
thal vorausgeht, sich zuerst mehr oder weniger abwärts bew
und dann wieder aufsteigen, wenn aber der Wellenberg vo
geht, zuerst senkrecht aufsteigen und dann wieder in ders
Richtung herabsinken. Mit zunehmender Entfernung vo
zurückstoſsenden Ebene werden die Bahnen der einzelnen
sigkeitstheilchen stets schiefer, indem der obere Theil der
zugewandt, der untere aber davon abgewandt ist. Auſse
liegen die Bahnen der senkrecht unter den oberen befindl
Theilchen desto schiefer, je näher sie dem Boden sind.
Vorgang bei der Zurückwerfung einer Welle stimmt also
mit demjenigen überein, welcher beim Zusammenstoſsen z
Wellen statt findet.

20) Da die Wellenbewegung nicht bloſs an der Oberf
der Flüssigkeiten statt findet, sondern auch bis zu einiger
herabgeht, so kann eine nicht bis ganz auf den Boden hi
gehende, sondern nur bis zu einer gewissen Tiefe hinabreich
Scheidewand diese Wellenbewegung nicht gänzlich abän
sondern sie muſs die Welle spalten und die Bewegung
tieferen Theile noch hinter der trennenden Ebene fort
lassen. Manche Beobachter glaubten bemerkt zu haben,
dieses nicht der Fall sey, die Welle sich vielmehr bloſs
der Oberfläche bewege, und selbst nicht unter einer nur we

Digitized by Google

Zoll eingetauchten Fläche durchgehe. Ist in einer Flüssigkeit ein Bret oder ein Balken nur einige Zoll tief eingetaucht, und erregt ein auf der einen Seite desselben hineingeworfener Körper eine Welle, so sieht man diese abprallen, aber nicht unten durchgehen, was jedoch die Gebrüder Weber davon ableiten, daſs bei so kleinen Wellen in einer tiefen Flüssigkeit die Wellenbewegung schon in geringer Tiefe sehr unbedeutend wird und daher die auf der andern Seite erzeugten Wellen wegen der groſsen Breite nicht leicht wahrnehmbar sind. Auch hierüber muſsten directe Versuche entscheiden. Zu diesem Ende wurde die kleine Wellenrinne bis zu 6 Zoll Höhe mit Wasser gefüllt, in der Mitte ein genau passendes Bret vertical bis zu ungleichen Tiefen hinabgesenkt, am einen Ende eine Welle durch das Herabsinken einer 4 Z. 5,7 Lin. hohen Wassersäule erregt und mittelst eines feinen Federcirkels die Höhe der erregten Wellen vor und hinter der Scheidewand gemessen. Die folgende Tabelle zeigt die erhaltenen Resultate:

Tiefe der Scheidewand.	Höhe der erregten Wellen dicht vor der Scheidew.	dicht hinter der Scheidew.	am andern Ende d. Rinne.	am Anfange der Rinne.
1 Zoll	0,94 Lin.	0,74 Lin.	1,3 Lin.	0,35 Lin.
2 —	1,00 —	0,65 —	1,1 —	0,50 —
3 —	1,03 —	0,64 —	1,0 —	0,60 —
4 —	1,18 —	0,50 —	0,8 —	0,70 —
5 —	1,33 —	0,38 —	0,55 —	0,87 —

Die in der letzten Columne angegebenen Höhen waren diejenigen, welche die nach dem Anprallen wieder zurückkehrenden Wellen erreichten, und daſs diese sich so niedrig zeigten, war vermuthlich die Folge der Störung, welche diese durch die ersten nachfolgenden Wellen erlitten. Die von der Scheidewand gemessenen Höhen in der zweiten Columne muſsten auch höher seyn, als die unmittelbar hinter derselben, denn sie wurden erzeugt durch den von der Scheidewand zurückgeworfenen und den noch nicht unter ihr durchgegangenen Theil der Welle. Beachtenswerth ist aber der Umstand, daſs bei geringerer Tiefe der eingesenkten Scheidewand die am Ende der Rinne vorhandenen, unter dieser durchgegangenen, Wellen sich höher zeigten, als die unmittelbar vor der Scheidewand gemessenen, bei gröſserer Tiefe der Einsenkung aber hinter diesen an Höhe zurückblieben.

Digitized by Google

21) Ein groſser Theil der Versuche der Gebrüder
bezieht sich auf diejenigen Erscheinungen, welche die
darbieten, wenn sie in schiefer Richtung auf eine Wid
leistende Fläche aufstoſsen. Sie wurden vorzugswei
elliptischen und kreisrunden Gefäſsen angestellt, in den
Quecksilber befand, auf dessen ebene Fläche theils in de
theils in dem einen Brennpuncte der Ellipse ein einzeln
wiederholt gleich nach einander mehrere Quecksilbe
herabfielen. Hierdurch entstehen die höchst interessante
auch sehr complicirten, Figuren, welche man so oft
leicht beim Herabtröpfeln des Quecksilbers auf eine ebe
blanke Fläche dieses Metalles wahrnimmt und welche
Einzelnen gründlich untersucht werden. Inzwischen
diese Erscheinungen auf sehr zusammengesetzten Bedin
die sich selten vereinigt finden; es scheint daher angem
diejenigen, welche sich mit ihnen genauer bekannt zu
wünschen, auf das Werk selbst und die darin gegeben
nauen Zeichnungen zu verweisen, da die Aufgabe im
nur ein specielles Interesse hat. Hier werden einige allg
Bemerkungen genügen.

Die von schiefen Flächen zurückgeworfenen Well
zwar nicht als elastische Körper zu betrachten, sondern
bloſs durch die innere Bewegung der Flüssigkeitstheilch
dingt, dennoch aber gilt von ihnen das allgemeine Geset
der Ausfallswinkel dem Einfallswinkel gleich ist. Allei
die vollkommen kreisförmigen Wellen, die in allen ihre
schnitten gleich hoch und gleich breit sind, schreiten s
daſs sie ihre Gestalt stets beibehalten, die andern änder
Gestalt fortwährend, und das Gesetz der Gleichheit des E
und Ausfalls-Winkels kann nur für eine sehr kleine Entf
von der zurückwerfenden Ebene mit einiger Genauigkeit be
werden. Die beiden vorzugsweise untersuchten Fälle sin
erst der, wenn eine in der Mitte eines kreisförmigen G
erzeugte Welle sich in einem Kreise nach allen Richt
ausbreitet, mithin gleichzeitig an die Wandungen anstöſs
kreisförmig davon zurückgeworfen wird, der zweite, fü
Akustik wegen des ähnlichen Verhaltens sehr wichtige F
der, wenn in dem einen Brennpuncte eines elliptischen G
eine Welle erzeugt und, selbst kreisförmig gebildet, vo
elliptischen Wand kreisförmig zurückgeworfen wird. I

Digitized by Google

zurückgeworfene Welle stellt eine gleich hohe und gleich breite
kreisförmige Welle dar, deren Mittelpunct der zweite Brenn-
punct der Ellipse ist, in welchem sie sich daher concentrirt und
hierdurch einen Kegel von beträchtlicher Höhe bildet, der sich
von neuem in eine kreisförmige Welle verwandelt, welche
dann durch die Zurückstoſsung von der elliptischen Wan-
dung des Gefäſses wieder in den ersten Brennpunct gelangt.
Dieser Wechsel kehrt zu wiederholten Malen wieder. Die
hierüber angestellten Versuche gelingen zwar nicht alle-
zeit vollkommen genau, allein die Abweichungen sind nicht
so groſs, daſs man das Gesetz nicht dennoch als gültig aner-
kennen sollte.

22) Die bisher beschriebenen Wellen sind fortschreitende;
es giebt aber auch *stehende* in Flüssigkeiten, und es ist sehr
verdienstlich, daſs die Gebrüder Weber auch diese genauer
untersucht haben, da hierdurch weiteres Licht über die stehen-
den Schwingungen tönender Körper verbreitet wird. Um diese
zu erzeugen, schoben sie in einen viereckigen Kasten aaaa ein
Bret b mit der unteren zugeschärften Seite so ein, daſs es ver- Fig. 101.
möge der etwas gröſseren Länge dieser seiner Seite bloſs unten
an seinen beiden Enden festsaſs, von hier an aber bis obenhin
zugeschärft war, und sich um eine vom einen bis zum andern
eingeklemmten Theile fortlaufende Axe bewegen lieſs. Ist der
Kasten mit einer Flüssigkeit, es sey diese Wasser, gefüllt, und
bewegt man das Bret hin und her, so bilden sich neben dem-
selben Wellen, die mit ihm parallel fortlaufen und von den
Wandungen des Kastens zurückgeworfen werden. Setzt man
die Bewegung des Bretchens in einem solchen Tacte fort, daſs
stets gleich weit entfernte Wellen erzeugt werden, so hört
plötzlich die Fortbewegung der Wellen auf, und die Oberfläche
zeigt eine gewisse Anzahl regelmäſsig gestellter kegelförmiger
Erhabenheiten, zwischen denen ebenso regelmäſsig eine ge-
wisse Anzahl trichterförmiger Vertiefungen liegt. Die kegel-
förmigen Erhabenheiten schreiten nicht mehr horizontal fort,
sondern bewegen sich in verticaler Richtung aufwärts, sinken
alsdann wieder herab, und lassen Vertiefungen zurück, die sich
durch eine gleiche verticale Bewegung in Erhabenheiten ver-
wandeln. Im Allgemeinen ist die Oberfläche der Flüssigkeit
in regelmäſsige Abtheilungen getheilt, von denen die benach-
barten stets isochronisch schwingen. Das Bret giebt dem Ge-

Digitized by Google

fühle den Tact an, in welchem es bewegt werden mı
dieſen Wechſel fortdauernd zu unterhalten.

23) Auſser dieſen zuſammengeſetzteren, ſtehenden S
gungen giebt es auch einfachere, die jedoch gleichfal
die ſtehenden zu zählen ſind, weil ſie ihren Ort nicht
dern oder nicht in horizontaler Richtung fortſchreiten.
kann man erregen, wenn man in einem länglichen s
Fig. 102. Kaſten ein ſchmales Bretchen d ſo hinabſenkt, daſs
Boden berührt, an die Seitenwandungen aber nur we
ſchlieſst, ſo daſs es ſich unten feſtſtehend oben hin
bewegen läſst. Geſchieht dieſe Bewegung im erford
Tacte, damit die Welle diejenige Breite erhält, vermö
cher die Breite der ganzen Welle gerade der Länge d
ſtens gleichkommt, ſo wechſelt die Oberfläche des Was
Geſtalt efg und ikl, und dieſe Bewegung dauert fort
wenn man ſpäter das Bretchen nicht mehr bewegt.
Erzeugung dieſer Wellen aus den Geſetzen der Durchkı
und Reflexion der fortſchreitenden Wellen abzuleiten,
wir auch dasjenige aufnehmen, was Weber zur Erkläru
Fig. 103. ſes Verhaltens aufgeſtellt hat. Es ſey alſo AB die hor
Oberfläche des Waſſers im Kaſten, und man denke ſich
Erzeugung einer ganzen Welle erforderliche Zeit in vi
ſchnitte getheilt, ſo daſs jeder Zeittheil der Bildung ein
ben Welle entſpricht. Im erſten Zeitraume (1) entſt
Hälfte des Wellenberges ab; im zweiten (2) ſchreitet
bis c fort, während die fortgeſetzte Bewegung des Br
die zweite Hälfte deſſelben erregt; im dritten (3) ſchr
bis d fort, und hinter ihm entſteht die eine Hälfte des
lenthales ab; im vierten (4) rückt der Wellenberg ed
fort, an die erſte Hälfte des Wellenthales bc hat ſic
durch weitere Bewegung des Bretchens die zweite ba ge
ſen, und in den vier Zeiträumen iſt alſo eine vollſt
Welle entſtanden, deren Breite gerade die Länge des
chens einnimmt. Wird die Bewegung ſo fortgeſetzt, ſo
fünften Zeitraume (5) der Wellenberg an die zurückſto
Ebene A angeprallt, hat ſich dadurch faſt zur doppelten
erhoben, das Wellenthal iſt bis bcd fortgerückt, und z
iſt die Hälfte eines neu erregten Wellenberges ab hinzug
men; im ſechſten Zeitraume (6) iſt der Wellenberg ed n
ger geworden und bis c in umgekehrter Richtung fortgeſ

Digitized by Google

ten, oder vielmehr es ist ein umgekehrter Wellenberg entstanden, und da zugleich das ihm zugehörige Wellenthal dcb gleichfalls bis edc fortgerückt ist, so vernichten sich beide durch Interferenz auf einen Augenblick, und es entsteht eine Ebene; unterdeſs aber rückt der halbe Wellenberg ab nach bc fort, es wird die zweite Hälfte desselben ab gebildet, und es ist der ganze Wellenberg abc vorhanden. Im siebenten Zeitraume (7) stellt sich das halbe Wellenthal ed wieder her und erlangt durch das Anprallen an der Wand A fast die doppelte Tiefe bei halber Breite, sofern beide Senkungen zusammenfallen; der nach B hin vorrückende Wellenberg fällt mit dem nach A fortschreitenden zusammen, und beide vereint geben den fast doppelt so hohen bcd, während wieder ein halbes Wellenthal ab gebildet wird. Im achten Zeitraume (8) verfolgt der von edc nach dcb gekommene Wellenberg seinen Weg nach cba, der von cba nach dcb gekommene seinen Weg nach edc, der vereinte hohe Wellenberg dcb trennt sich in die beiden nach entgegengesetzten Richtungen fortschreitenden cba und edc, und weil das gleichzeitig von A zurückgeworfene Wellenthal ed sich bis edc ausbreitet, so fällt es mit dem Wellenberge edc zusammen, beide vernichten sich durch Interferenz, und es entsteht augenblicklich eine Ebene. Während dieses an der einen Seite geschieht, rückt auch das halbe Thal ba nach cb vor, in ba bildet sich durch Erregung die zweite Hälfte des Thals, und indem also auch von hier aus das Wellenthal cba mit dem Wellenberge cba zusammenfällt, vernichten sich beide durch Interferenz, und die ganze Fläche wird auf einen Augenblick eben. Im neunten Zeitraume (9) entstehn die Wellen durch die beschleunigte Bewegung bei ab und ed nach aufwärts und zwischen dcb nach abwärts wieder, die beiden Thäler cba und edc vereinigen sich in dcb zu einem einzigen fast doppelt so tiefen, der Wellenberg edc prallt an A, der Wellenberg abc an B ab, und beide werden hierbei fast doppelt so hoch und halb so breit. Jetzt ist die stehende Schwingung vollständig hergestellt und dauert von selbst eine Zeit lang fort; die schwingenden Theile schwingen nach entgegengesetzten Seiten und halten sich das Gleichgewicht. Im zehnten Zeitraume (10) gehn die beiden in dcb vereinigt gewesenen Wellenthäler durch einander, das eine nach edc, das andere nach cba, und da sich gleichzeitig der bei B abgeprallte

Digitized by Google

Wellenberg b a nach c b a ausbreitet und mit dem Wel
c b a zusammenfällt, der von A abgeprallte Wellenberg
nach e d c sich ausbreitet und mit dem Wellenthale e
sammenfällt, so vernichten sich beide durch Interferenz,
entsteht abermals eine ebene Fläche. Im elften Zeitrau
vereinigen sich die beiden Wellenberge c b a und e d c
zu einem Wellenberge von fast doppelter Höhe, das W
thal e d c ſtöſst in A an, wird halb so breit und fast
so hoch, das Wellenthal c b a ſtöſst gegen B, wird
gleichfalls halb so breit und fast doppelt so tief, un
wiederholen sich von da an stets die letzten drei Lage
zwölften Zeitraume tritt die 10te, im dreizehnten die 9
vierzehnten die 10te, im funfzehnten die 11te Lage wie
und so fort, bis durch allmälige Abnahme der Stillsta
beigeführt wird. Es läſst sich leicht zeigen, daſs ein
oder ähnliches, mindestens dem Wesen nach ganz überei
mendes Verhalten eintritt, wenn die Länge des Gefäſ
die Schnelligkeit der Bewegung das Entstehen einer gan
einer halben, oder zwei ganzer Wellen gestattet u. s. w
die Schwankung einer halben stehenden Welle läſst s
zeugen, und zwar sehr leicht, wenn die Hälfte des W
berges und des Wellenthales abwechselnd zum Vorschei
Fig. men. Sie zeigen sich in den Schwankungen einer Flü
104. in einem Gefäſse, indem die Oberfläche zwischen der
a b und c d wechselt.

24) Was hier von der Flüssigkeit in langen, schmal
fäſsen nachgewiesen ist, findet auch Anwendung au
eckige gleichseitige, und wenn die in den ersteren er
mit den Oscillationen tönender Stäbe vergleichbar sind,
sen sich die letzteren mit denen der Scheiben vergl
Wenn aber mehrere Wellen und in verschiedenen Rich
einander begegnen, so wird die Aufgabe zusammengesetzt
es entstehen dann die bereits (§. 22) im Allgemeinen e
ten Erhabenheiten und Vertiefungen auf der ebenen Wa
che. Wellen dieser Art lassen sich auch hervorbringen,
man einen Körper im schnellen Wechsel in die Flüs
eintaucht, die sich in einem Gefäſse befindet. Ist z. B
teres ein viereckiges, einige Zoll tief mit Quecksilber ge
und wird der Finger im gehörig schnellen, regelmäſsigen
eingetaucht und wieder herausgezogen, so entsteht eine

Digitized by Google

…ige Figur aus Erhabenheiten und Vertieſungen, kegelförmi- Fig. 105.
…en Wellenbergen und Wellenthälern zuſammengeſetzt, wie die Zeichnung ſie angiebt, worin die kleinen Kreiſe die kegelförmigen Erhabenheiten, die Kreuzchen aber Vertieſungen bezeichnen, die an den nämlichen Stellen regelmäſsig wechſeln. …le ſtehende Wellen werden auch erzeugt, wenn man das …mäſsig geſtaltete Gefäſs auf eine elaſtiſche Unterlage ſtellt, z. B. auf das Rohrgeflecht eines Stuhles, und durch regelmäſsig …derholte Stöſse von unten erſchüttert. Die hierdurch erregten, von den Wandungen zurückgeſtoſsenen Wellen erzeugen dann durch ihre Vereinigung und Durchkreuzung die mannigfaltigsten Figuren, die der Hauptſache nach aus den …gebenen kegelförmigen Erhabenheiten und Vertieſungen beſtehen, zwiſchen denen noch eine Menge kleiner, ſich vielfach durchkreuzender Wellen vorhanden ſeyn kann. Bedient … ſich eines quadratiſchen Gefäſses mit Queckſilber, und ge…gt es, durch die regelmäſsigen Stöſse nach einander gleich…ig an allen vier Seiten des Gefäſses Wellen zu erregen, …en Breite der halben Fläche des Gefäſses gleich kommt, ſo …ng man die in den acht Quadraten gezeichneten Figuren zu …ſehen. Die erſten Wellenberge an allen vier Seiten ſind Fig. 106.
…nd mit A, die zugehörigen Wellenthäler mit a, die zweiten Wellenberge mit B und ihre Wellenthäler mit b, die dritten Wellenberge mit C und ihre Wellenthäler mit c bezeichnet, …m in allen acht Quadraten den Fortgang und die Begegnung …r Wellen ohne Erklärung zu verſtehn. Die Zeit, in welcher …e Welle um den Raum ihrer Breite fortſchreitet, iſt in vier …ile getheilt, und jedes der acht Quadrate bezeichnet einen …chen Zeittheil. Beim Verſuche ſelbſt iſt intereſſant zu ſehn, …ſs die ganze Fläche des Queckſilbers anfänglich mit einer …ſsen Zahl gröſserer und kleinerer ſich durchkreuzender Wellen, welche regelmäſsige Vierecke bilden, bedeckt iſt, die ſich …n den Stellen der Durchkreuzung mehr erheben und vertieſen, …ſs dann aber plötzlich dieſe alle verſchwinden, und an ihre …lle die kegelförmigen Erhabenheiten und Vertieſungen treten, …e nicht mehr fortſchreiten, ſondern abwechſelnd aufſteigen und niederſinken.

Welche Bewegung die Flüſsigkeitstheilchen in dieſen Wellen annehmen, läſst ſich im Allgemeinen leicht beſtimmen, wenn man berückſichtigt, daſs ihre Bildung auf einer regel-

mäſsigen Durchkreuzung der Wellen beruht. Hiernach gen sich also die Flüssigkeitstheilchen nicht in kreisfö und elliptischen Bahnen, sondern diese verlieren zune mehr von ihrem horizontalen Durchmesser, während ihr caler wächst, bis die Bahn eine geradlinige wird, wie oben (§. 17 Fig. 99) bereits erläutert worden ist. Die d der entstehenden Kegel nahe liegenden Theile bewege genau in verticaler Richtung, bei den sich mehr von entfernenden werden die Bahnen gekrümmter, ohne daſs die Gebrüder Weber diese Krümmungen durch Messung nau zu bestimmen vermochten.

Stehende Schwingungen in Flüssigkeiten werden ganz selten beobachtet. Ob sie auf dem Meere vorkc dürfte zweifelhaft seyn, da die vorzüglichste Ursache Entstehens, nämlich das Zurückprallen von den einschl den Wandungen, fehlt, wiederholte Durchkreuzungen abe nicht so regelmäſsig auf einander folgen dürften, als zu Entstehung erfordert wird. Daher möchte ich auch d James Horsburgh[1] im chinesischen Meere durch eine phon erzeugten nicht für stehende Wellen halten, obgle von ihnen heiſst, daſs sie nach allen Seiten liefen, un Aussehn von hohen Bergen und Pyramiden erhielten, eine in die andere mit groſser Gewalt einbrachen. Häuf gegen nimmt man sie wahr in Gefäſsen mit Flüssigkeit füllt, wenn diese bewegt werden, in welchem Falle dan kegelförmige Erhabenheiten bilden, deren Spitzen oft bed hoch empor geworfen werden, welches einige Aehnl damit hat, daſs ein Stein oder auch selbst nur ein Wassert wenn man ihn aus einiger Höhe auf eine ebene Wasse fallen läſst, das Aufspringen eines Tropfens bis zu betr cher Höhe veranlaſst. Die Arbeiter pflegen daher beim oder Fahren der Wassergefäſse ein Stück Holz, ein l hölzernes Kreuz oder einen Strohkranz auf der Wasse schwimmen zu lassen, um dadurch die Regelmäſsigke Schwankungen zu stören und die Bildung der stehenden len zu verhüten. Weber bemerkt, daſs selbst Flüssig in denen sich nicht leicht fortlaufende Wellen bilden, zu zeugung der stehenden sehr geeignet sind, z. B. Rübsa

1 Nicholson's Journ. T. XV. G. XXXII. 408.

Digitized by Google

in einem Gefäſse erschüttert leicht die konischen Wellenzüge bildet, von deren Spitzen Tropfen bis zu bedeutenden Höhen empor springen; zu Versuchen ist aber Quecksilber bei ihnen am geeignetsten.

C. Theorie der Wellenbewegung.

a) Allgemeine Bemerkungen.

25) Die Flüssigkeiten sind nicht zusammendrückbar, dabei aber ihre Bestandtheilchen höchst beweglich; beide Eigenschaften sind sehr wesentlich zur Erklärung der Wellenbewegung. Wird eine Flüssigkeit geſtoſsen, so pflanzt sich, in Folge der ersten Eigenschaft, dieser Stoſs nach allen Seiten auf gewisse Weise sehr schnell fort, die sich auch namentlich in der Fortpflanzung des Schalles zeigt, ohne daſs die Theilchen der Flüssigkeit selbst in Bewegung kommen und ihre gegenseitige Lage ändern; es entstehn also hierdurch keine eigentlichen Wellen. Um dieses factisch zu beweisen, füllten die beiden Weber eine zwölf Fuſs lange hölzerne Röhre mit Wasser, spannten dasselbe dadurch, daſs an beiden Enden Blasen übergebunden waren, und wenn dann die eine von diesen gestoſsen wurde, so empfand die an die andere gelegte Hand diesen Stoſs instantan ohne meſsbaren Zeitverlust. Sobald aber durch einen Stoſs oder eine sonstige Ursache eine Bewegung der Flüssigkeitstheilchen erzeugt ist, theilt diese sich den angrenzenden Theilchen mit und setzt diese, Beweglichkeit derselben vorausgesetzt, gleichfalls in Bewegung, die sich aber nicht bloſs den benachbarten Theilen und nach einiger Zeit den entfernteren mittheilt. Um den Fortgang dieser Bewegung zu prüfen, versahn die Gebrüder Weber die fest auf einander gebundenen, einen Zoll dicken und zwei Fuſs langen Hölzer αα′, ββ′ inwendig mit einer Rinne, füllten diese mit Fig. 107.
Quecksilber und bohrten die Löcher a, b, c, d, e, f, g, h, i hinein, in deren erstes die Glasröhre a′ hineingesenkt wurde. Durch kleine Leisten war dafür gesorgt, daſs das aus jedem Loche ausflieſsende Quecksilber in ein besonderes Gefäſs gelangte. Demnächst sog einer der Beobachter eine Quecksilbersäule bis etwa einen Zoll hoch in der Glasröhre empor, hielt sie fest, bis das Quecksilber in allen Löchern so hoch wieder

Digitized by Google

nachgefüllt war, daſs es über denselben die gröſste Höh
halben Tropfens erreicht hatte, und lieſs sie dann herab
Hätte sich der hierdurch erzeugte Stoſs momentan du
ganze Länge des Quecksilbers in der Rinne gleichmäſs
breitet, so muſste aus allen Löchern eine gleiche Menge
silber in die Gefäſse abflieſsen, was jedoch nicht gesch
dem vielmehr nur aus den fünf zunächst der Röhre a
lichen, aus den drei letzten aber gar kein Quecksilber
Zugleich muſsten die nächsten Gefäſse sofort entfernt
denn die aufgesogene Quecksilbersäule sank beim Nie
unter das Niveau hinab, wurde dann über dasselbe w
die Höhe gehoben und sank zum zweiten Male herab,
dann abermals Quecksilber aus den nächsten Oeffnun
trieben wurde. War die herabsinkende Quecksilbers
0,25 Zoll hoch, so floſs bloſs aus der nächsten Oeffnung
silber aus, bei 0,5 Zoll Höhe der Quecksilbersäule au
bei 1 Zoll Höhe aus drei, bei zwei und drei Zoll H
vier Oeffnungen und bei 4 Zoll aus fünfen. Dabei w
zeit die ausgeflossene Menge bei zunehmender Entfern
Oeffnungen geringer. Waren auſser den Oeffnungen
alle übrigen verkorkt, so floſs aus diesen beiden offenen
silber aus, aber aus e bedeutend mehr, als aus i, war
erste und letzte nebst einer mittleren Oeffnung unverkorkt
aus allen dreien, aus der letzten aber am wenigsten
silber aus. Wenn also alle Löcher offen blieben, so er
sich die Kraft des Stoſses durch auslaufendes Quecksilb
es entstand keine Welle, die bis ans Ende fortlief, d
derstand des in der langen Furche eingeschlossenen Que
war zu stark, als daſs die Wellenbewegung in ihm
Ende fortlaufen konnte, als aber eine 38 Zoll lange, 5,
Glasröhre, auf welcher 46 senkrechte, 3,8 Lin. weit
röhren aufgerichtet waren, mit Quecksilber gefüllt u
dieser der Versuch wiederholt wurde, sah man sehr deut
fortlaufende Welle.

Die Gebrüder Weber zeigen ausführlich, wie au
Weise die Geschwindigkeit der Wellen in Flüssigkeiten
zu derjenigen gesteigert werden könne, womit der Schal
dieselben fortgepflanzt wird, und mir scheint dieses au
einfachen Principien nothwendig zu folgen. Wenn ein
elastischer Kugeln, die sich sämmtlich einander unm

Digitized by Google

berühren, sich in einer solchen Lage befinden, daſs eine gerade Linie durch die Mittelpuncte derselben läuft, und die erste derselben geſtoſsen wird, so pflanzt sich diese Bewegung durch die willkürlich lange Reihe mit unmeſsbarer Geschwindigkeit fort, und die letzte wird mit der angewandten Kraft abgestoſsen[1]. Will man hiervon eine Anwendung auf die Fortpflanzung des Stoſses der Schallvibrationen durch feste und flüssige Körper machen, so darf man nicht übersehn, daſs die elastischen Kugeln eine gewisse Masse haben und aus einer unbestimmten, aber sehr groſsen Menge von Molecülen bestehn, die durch den Stoſs näher in einander geschoben werden, dann in Gemäſsheit der Elasticität wieder an ihren Ort zurückkehren, und dieses zwar mit der nämlichen Kraft, wodurch die Lage der Theilchen verändert wurde. Ist dagegen der Stoſs gegen einen zusammenhängenden festen, hauptsächlich aber flüssigen Körper gerichtet, so trifft derselbe die zunächst berührten Molecüle, bringt diese, so weit es seyn kann, den folgenden näher, welche dann eine gleiche Wirkung gegen die ihnen zunächst liegenden äuſsern, und so fort bis ans Ende des zusammenhängenden Körpers. Die einzelnen Molecüle ändern dabei ihre Lage nicht meſsbar; man kann sich zwar vorstellen, daſs sie pendelartig oscillirend mehrmals hin und her schwanken, die Erfahrung kann aber hierüber keine Auskunft geben, und auf jeden Fall werden die Molecüle der Flüssigkeiten durch den Conflict der anziehenden und abstoſsenden Kräfte in verschwindend kurzer Zeit in den Zustand des stabilen Gleichgewichts zurückkehren, wie schon aus der geringen Zusammendrückbarkeit tropfbar-flüssiger Körper von selbst folgt. Wie schnell diese Bewegung von einem Molecül zum andern und somit durch eine gegebene Länge eines festen oder flüssigen Körpers fortgepflanzt werde, ist theoretisch unbestimmbar, weil wir die Gröſse der Wärmeatmosphären und ihr Verhältniſs zu den Atomen ebenso wenig, als den Abstand der letzteren von einander genau kennen; auf jeden Fall muſs die Geschwindigkeit der Fortpflanzung weit gröſser seyn, als die den Wellen zugehörige. Die Bildung der Wellen, seyen es nun stehende oder fortschreitende, erfordert bei flüssigen Körpern bereits Beweglichkeit der einzelnen meſsbar groſsen Flüssig-

1 Vergl. Art. *Stoſs*. Bd. VIII. S. 1073.

keitstheilchen, und wenn sich daher der Stoſs auch d
Molecüle der Körper fortpflanzt, so wird dennoch nich
eine eigentliche Wellenbewegung eintreten, als bis die
nen Theile sich in den bereits beschriebenen Bahnen z
gen vermögen. Um diese Bahnen zu beobachten und
wie sich die Wellen bilden und wie sie fortschreiten,
Fig. 108. die Gebrüder Weber einen zweckmäſsig construirten
angewandt. Zwei Leisten aus hartem Holze $\alpha\,\alpha'\ldots$ $\beta\,\beta'$
auf einander liegend ein Parallelepipedon bildeten, waren
dig mit einer 0,5 Zoll hohen und 0,25 Z. breiten Rin
sehn, um die gewählte Flüssigkeit aufzunehmen. Die
wandungen des Parallelepipedons waren durch länglic
eingesetzten Glasscheiben x, x'... versehne Zwischenr
unterbrochen, daſs man die Bewegung der Flüssigkei
Rinne zu beobachten vermochte. Auf der oberen Seit
6 Fuſs langen Parallelepipedons waren 37 Glasröhren vo
Durchmesser so eingesetzt, daſs sie mit der Rinne co
cirten und je zwei Zoll Zwischenraum zwischen sich
Wurde dann der Apparat mit Wasser gefüllt, bis dieses
Röhren einen Zoll hoch stand, und sog man in der ein
röhre einen Wassercylinder von 6 Zoll Höhe hinauf,
wahrte man nach dem schnellen Herabsinken desselb
Welle, die sich nach dem Steigen und Fallen des Wa
den Röhren gerade so zeigte, fortlief und von dem
Ende zurückgeworfen wurde, als dieses in der offenen
rinne statt fand, bloſs mit dem Unterschiede, daſs die
gung viel schneller war; ein aus den vorausgeschickt
trachtungen nothwendig folgendes Resultat. Noch de
zeigte sich das Fortschreiten der Wellen bei der oben e
ten 38 Zoll langen Glasröhre, mit 46 auf ihr vertical
richteten engeren Glasröhren, wenn diese sämmtlich bis
nem Zoll Höhe mit Quecksilber gefüllt waren; denn d
ſsere Nähe der verticalen Röhren verstattete die Welle
gung genauer wahrzunehmen.

26) Newton hat die Schwingungen der Flüssigk
einer zweischenkeligen communicirenden Röhre (§. 1)
untersucht und auf die Oscillationen eines Pendels zu
führt. Hieran schlieſsen sich die Versuche der Gebrüde
ber mit einem Apparate, welcher drei communicirende
Fig. 109. vereinigte. In einem zwei Fuſs langen Parallelepiped

Holze war eine 0,5 Quadratzoll im Querschnitt weite
eingelassen und in diese die drei Glasröhren A, B, C
senkt. Die Röhren hatten 3,6 Lin. im Durchmesser und
den nebst der Rinne so mit Quecksilber gefüllt, daſs dieses
allen einen Zoll über die Fläche des Holzes hervorragte.
Beobachter sogen dann das Quecksilber in der Röhre A
Zoll, in der Röhre B einen Zoll in die Höhe, wodurch
in C der Fläche des Holzes gleich stand, und lieſsen
einem gegebenen Zeichen ganz gleichzeitig herabsin-
worauf es augenblicklich in der Röhre B stieg und in der
C noch stärker. Dieses Resultat war allerdings merk-
denn da die Oberflächen des Quecksilbers in den Röh-
gerade Linie und mit der Ebene des Parallelepipedons
Winkel von 4° 29′ bildeten, die Höhe in B also genau
Mittel zwischen der in A und C hielt, so muſste man
daſs das Quecksilber in B ruhig bleiben, in A und C
abwechselnd steigen und fallen würde. Die Erfahrung
aber, daſs die gleichzeitig durch das in A und B herab-
de Quecksilber erregten Wellen sich fortwälzten, wes-
in B das Herabsinken durch die gleichzeitig von A aus
Welle aufgehoben und in ein Steigen verwandelt
in C aber, wegen des tieferen Standes, das Steigen
bedeutender seyn muſste. Weber bemerkt zugleich, daſs
Stillstande bleiben würde, wenn man gleichzeitig mit
Fallen des Quecksilbers in A das in C befindliche zum
Steigen brächte. Ist die Röhre B nur zwei Zoll hoch, wird
mit Quecksilber gefüllt und mit dem Finger verschlos-
und läſst man erst einige wechselseitige Oscillationen in
C erfolgen, ehe man B öffnet, so bleibt das Quecksil-
ruhig, und der Zustand ist dem gleich, als ob bei B gar
Oeffnung vorhanden wäre. Hierbei verwandelt sich die
fortschreitende Schwingung in A und C in eine stehende be-
Art; denn A und C haben genau 7 Schwingungen,
B deren 10 hat, wobei die geschwinderen Schwingun-
auf die langsameren und umgekehrt keinen merklichen
äuſsern.

b) Newton's Theorie.

27) Die älteste Theorie der Wellen ist die von Ne aufgestellte, welche so eben erwähnt wurde. Die dieses ſcharfſinnigen Gelehrten von der Wellenbewegun dete sich auf die Versuche, die er mit Flüssigkeiten i municirenden Röhren angestellt hatte, und er hielt di henden Schwingungen für die einzigen, die bei den We tropfbar-flüssigen Körper überhaupt statt finden. H sind die Wellenberge des Wassers seiner Meinung n Erhebungen, die in dem einen Schenkel communicirende ren sich zeigen, die Wellenthäler dagegen die Vertiefun andern. Diese Vorstellung muſste Unterstützung in de blicke der Meereswellen finden, sofern man wahrnimm leichte, auf diesen schwimmende Körper abwechselnd l aufsteigen und herabsinken. Ob er hierbei auch den U beachtet habe, daſs die Wellen, obgleich an der nä Stelle die Erhabenheiten stets mit den Vertiefungen abw dennoch bloſs nach einer Seite hin fortzuschreiten schei im Grunde auch ohne ein eigentliches Fortflieſsen wirkli schreiten, finde ich in seinen Aeuſserungen nicht deutl gegeben, obgleich er von der kreisförmigen Ausbreit von einem Puncte ausgehenden Wellen redet. Gesetzt wäre dieser Umstand seiner Aufmerksamkeit nicht ent so konnte er dieses leicht als eine sich von selbst darb und daher der besondern Erwähnung gar nicht bedürfend kung des Druckes halten, welchen der Wind auf die Hin der Wellen ausübt.

Dagegen entwickelte Newton deutlich das Gese Schwingungen stehender Wellen tropfbarer Flüssigkeiten. ihm heiſst dasselbe wörtlich: wenn Wasser in den a gerichteten Schenkeln communicirender Röhren oscillirt man ein Pendel herstellt, dessen Länge zwischen dem hängepuncte und dem Schwingungsbogen (*centrum oscilla* der halben Wasserhöhe in den Röhren gleich kommt, s den die Schwingungen beider gleichzeitig seyn. Den Beweis Satzes liefert folgende Construction. Es sey in den com
Fig. 110. cirenden Röhren KL, MN die mittlere Wasserhöhe AB

1 Phil. Nat. princip. math. Lib. II. sect. VIII.

Digitized by Google

die gleiche Höhe seines Aufsteigens und Herabsinkens aber sey GH und EF. Ferner sey VP ein Pendel und RPQS sein cykloidischer Schwingungsbogen und die Höhe des Bogens PQ der Höhe AE gleich. Dieses vorausgesetzt ist die Kraft, wodurch das Wasser in den Schenkeln abwechselnd steigt und fällt, das Uebergewicht des Wassers in dem einen Schenkel über das Gewicht des Wassers im andern. Wenn daher das Wasser in dem einen Schenkel bis EF steigt, im andern bis GH sinkt, so ist die Kraft einer doppelten Wassersäule EABF gleich, und verhält sich daher zum Gewichte der gesammten Wassermasse wie AE oder PQ zu VP oder PR. Es verhalten sich daher die bewegenden Kräfte beim Wasser und beim Pendel, wenn beide gleiche Räume AE und PQ herabfallen, wie die zu bewegenden Massen. Beträgt also die Höhe der ganzen Wassersäule in communicirenden Röhren $6\frac{1}{9}$ Par. Fuſs, so wird das Aufsteigen in einer Secunde und das Herabsteigen gleichfalls in einer Secunde erfolgen, denn ein Pendel von $3\frac{1}{18}$ Par. Fuſs Länge vollendet in dieser nämlichen Zeit eine einfache Schwingung.

Obgleich diese Demonstration richtig ist, so kann sie doch in Gemäſsheit des neuerdings genauer erkannten Verhaltens der fortschreitenden Wasserwellen diejenige Anwendung nicht leiden, welche Newton hierauf macht. Die Geschwindigkeit der Wasserwellen soll nämlich den Quadratwurzeln ihrer Breite proportional seyn, und ein Pendel, dessen Länge der Wellenbreite gleich ist, in eben der Zeit eine einfache Oscillation vollendigen, in welcher die Welle um ihre Breite fortschreitet, weil dieses diejenige Zeit ist, in welcher der Wellenberg seine gröſste Höhe und das Wellenthal seine gröſste Tiefe erreicht. Man ersieht also hieraus deutlich, daſs Newton die Wasserwellen als stehende Oscillationen betrachtete, indem er noch voraussetzt, daſs das Aufsteigen und Niedersinken der Wassertheilchen als in einer geraden Linie erfolgend betrachtet werde, da es doch mehr in einem Kreise geschehe, weswegen die theoretische Zeitbestimmung mit der wirklichen nur annähernd übereinstimme.

28) Diese kurzen, aber sehr deutlichen Sätze wurden durch 's Gravesande[1] weiter ausgeführt, und die Theorie

---

1 Physices Elementa mathem. cet. edit. 4. Leidae 1748. 4. T. I. Lib. III. Cap. XI. p. 492.

wurde lange als genügend betrachtet, gilt auch gegen noch als solche für die stehenden Wellen, namentlich d gen, welche den Schall fortleiten; inzwischen zeigte Lagr daſs sie auf die gewöhnlichen Wasserwellen nicht anw sey, weil diese sich nicht als rein verticale Oscillation trachten lieſsen, und hiermit stimmen auch die später lehrten überein, welche das Problem der Wellen vor dem Calcül unterwarfen. Uebrigens erkennen die Ge Weber den Werth des von Newton angestellten Ve an, welcher sie zu den ähnlichen (§. 25 u. 26) veranlaſs vorzüglich dazu dienten, den von ihnen aufgefundenen schied der stehenden und der fortschreitenden Wellen ar lich zu machen.

c) Laplace's Theorie.

29) Es scheint mir unnöthig, den Calcül, welche place über die Wellenbewegung tropſbarer Flüssigkeiten gestellt hat, ganz mitzutheilen, und eine Abkürzung de ist nicht wohl zulässig; zudem überzeugt man sich bald er den wesentlichen Unterschied zwischen den fortschrei und den stehenden Wellen sich nicht deutlich vorgestel Er denkt sich eine Curve bis zu geringer Tiefe in eine sigkeit herabgedrückt, diese nach hergestellter Ruhe pl weggenommen, und berechnet dann die Zeit der Oscillat welche zugleich die des Fortschreitens der Welle seyn Hierdurch gelangt er zu dem Resultate, daſs, wenn die bis zu ungleicher, gröſserer oder geringerer Tiefe herabge ist, die Zeit des Fortganges einer Welle bis zu einer ge nen Entfernung stets die nämliche seyn wird, ungefah die Zeit einer Pendelschwingung nahe gleich ist, die Sc gungsbogen seyen groſs oder klein, vorausgesetzt, d überhaupt eine merkliche Gröſse nicht übersteigen. Die der Wellen oder die Ausdehnung der gleichzeitig bew Flüssigkeiten übt auf die Zeit ihres Fortschreitens keinen deutenden Einfluſs aus, und wenn nach Newton diese Z sich wechselseitig wie die Quadratwurzeln der Breiten ve

---

1 Nouv. Mém. de l'Acad. de Berlin pour 1786. Berl. 17 p. 181.

Digitized by Google

sollen, so verhalten sie sich nach Laplace vielmehr wech-
seitig wie die Quadratwurzeln der Höhen. Ist die Tiefe der
sigkeit sehr groſs in Vergleichung zu dem Halbmesser des
die Oberfläche der Wellen gelegten Krümmungskreises, so
n die Zeiten des Fortschreitens der Wellen, die von ver-
denen Curven oder von der nämlichen in verschiedenen
n begrenzt sind, im wechselseitigen Verhältnisse der Qua-
wurzeln der Halbmesser der Krümmungskreise, und die Ge-
ndigkeiten verhalten sich direct wie diese Quadratwurzeln.
e Darstellung und die unmittelbare Vergleichung der Was-
llen mit denen, welche den Schall fortpflanzen, zeigen
gen, daſs auch Laplace von der Vorstellung Newton's,
Wasserwellen für das Resultat stehender Schwingungen zu
n, nicht abgewichen sey.

d) Lagrange's Theorie.

30) Lagrange[1] fand Newton's Theorie nicht befriedi-
, weder in ihrer ursprünglichen einfachen Gestalt, noch
mit denjenigen Modificationen, welche sie durch Laplace
lten hatte; er unternahm es daher, eine neue aufzustellen,
h gelang es ihm nicht, das Problem zu lösen, weil ihm
Kenntniſs der erst später aufgefundenen Bewegung der
serstheilchen fehlte. Eben daher geht er davon aus, die
llenbewegung des Wassers auf eine genäherte Weise als
ungen ähnlich nachzuweisen, welche in der Luft bei der
pflanzung der Schallwellen statt finde. Es sey daher TV Fig.
horizontale Boden eines mit Wasser bis zu geringer Tiefe 111.
llten Bassins, AE die ebene oder in Ruhe befindliche
fläche desselben und ABCDE die in Wellenbewegung
rfläche. Denkt man sich die ganze Masse des ruhenden
sers in eine Menge rectangulärer Säulen aEFb; bFGd...
der Höhe = aE; bF... und der Breite = EF; FG...,
ne verschwindend klein angenommen, getheilt, so kann
ohne merklichen Irrthum annehmen, daſs diese mit Bei-
ung ihrer Gestalt und ihres Inhalts in die Säulen $\alpha\varepsilon\varphi\beta$;
$\gamma\delta$... verwandelt werden, das Wasser als nicht zusam-

[1] Mécanique analytique. 2me Part. 8me Sect. p. 487. Deutsche
. von Murhard S. 550. Mém. de Berl. 1786. Berl. 1788. p. 192.

Digitized by Google

mendrückbar vorausgesetzt, und es wäre dann nur d zontale Bewegung dieser Säulen noch nachzuweisen. man sich nämlich die beiden neben einander liegenden $\alpha\varepsilon\varphi\beta$; $\beta\varphi\gamma\delta\ldots$, so würden sie bei gleicher Höh Druck gegen einander ausüben, also auch keine Bewegu stehn können; wenn aber die Höhe $\alpha\varepsilon$ der einen gröſse die Höhe $\beta\varphi$ der andern, so muſs der Unterschied α in allen Puncten der Linie $\beta\varphi$ einen Druck gegen das gel $\beta\varphi\gamma\delta$ erzeugen, welcher diesem Unterschiede pro ist. Der hieraus hervorgehende Gesammtdruck gegen d ment $\beta\varphi\gamma\delta$, welcher ihm eine horizontale Bewegung z vermag, würde demnach $= (\alpha\varepsilon - \beta\varphi)\beta\varphi$, und we diesen im Verhältniſs zur bewegten Masse $\beta\varphi\gamma\delta$ nim giebt dieses $\frac{(\alpha\varepsilon - \beta\varphi)\beta\varphi}{\beta\varphi\gamma\delta}$ als den Werth der beschleun horizontalen Kraft des Elementes $\beta\varphi\gamma\delta$ oder des Punct der Richtung gegen V. Weil aber $\alpha\varepsilon\varphi\beta = \mathrm{aEFb}$, $\beta\varphi\gamma\delta =$ und $\mathrm{aEFb} = \mathrm{bFGd}$, so hat man $\alpha\varepsilon = \frac{\mathrm{aEFb}}{\varepsilon\varphi}$; $\beta\varphi =$ mithin $\alpha\varepsilon - \beta\varphi = \frac{\mathrm{aEFb}(\varphi\gamma - \varepsilon\varphi)}{\varphi\gamma \times \varepsilon\varphi}$, oder $= \frac{\mathrm{aEFb}(\varphi\ldots}{(\mathrm{EF}\ldots}$ weil der Ueberschuſs der Höhen $\alpha\varepsilon$; $\beta\varphi$ über die urs chen Höhen aE; bF als verschwindend klein angenom und demnach $\varepsilon\varphi$; $\varphi\gamma$ nur unmerklich von EF vers sind. Sofern daher $\beta\varphi\gamma\delta = \mathrm{aEFb}$ und $\beta\varphi$ nahe $= \mathrm{aE}$ ist, so erhält man für die beschleunigende Kraft d ctes φ den Ausdruck $\frac{(\varphi\gamma - \varepsilon\varphi) \times \mathrm{aE}}{(\varepsilon\mathrm{F})^2}$.

Fig. 112. Lagrange nimmt dann zur Erläuterung dieser Be eine willkürliche Curve PKH hinzu, und setzt voraus, einer willkürlichen, durch den Bogen PH dargestellten Punct E den verschwindenden Raum $\mathrm{E}\varepsilon = \mathrm{PL}$, und die F; G... die sehr kleinen Räume $\mathrm{F}\varphi = \mathrm{PM}$; $\mathrm{G}\gamma$ zurückgelegt haben, ein constantes Verhältniſs zw HI; IK... und EF; FG... vorausgesetzt. Da $\varepsilon\varphi = \mathrm{EF} + \mathrm{F}\varphi - \mathrm{E}\varepsilon = \mathrm{EF} + \mathrm{PM} - \mathrm{PL} = \mathrm{EF} -$ $\varphi\gamma = \mathrm{FG} + \mathrm{G}\gamma - \mathrm{F}\varphi = \mathrm{FG} + \mathrm{PN} - \mathrm{PM} = \mathrm{EF} -$ Hiernach ist also die gesuchte Kraft $= \frac{\mathrm{ML} - \mathrm{NM}}{(\mathrm{EF})^2} \times \mathrm{aE}$ ebenso findet man die beschleunigende Kraft des Pun

Digitized by Google

des Punctes E an der Stelle ε, durch den Ausdruck $\frac{-ML}{(F)^2}\times aE$ (wenn man den Bogen $Hh = IH$ ...nen und die Ordinate hl herabgesenkt hat), d. h. $\frac{l-ML}{(HI)^2}\times\left(\frac{HI}{EF}\right)^2\times aE$ als diejenige beschleunigende ..., welche bewirkt, daſs der Raum PL in der Zeit PH Hypotheſe gemäſs durchlaufen wird. Damit diese Hypo- ...che, muſs nach den Regeln der Mechanik diese Kraft Unterschiede der Geschwindigkeiten $\frac{Ll}{Hh}-\frac{ML}{HI}$ zum Ele- ... der Zeit proportional, also (weil $Hh=HI$) $= \frac{Ll-ML}{(HI)^2}$. Die Vergleichung beider Ausdrücke für die beschleuni- ...e Kraft giebt die Gleichung

$$\left(\frac{HI}{EF}\right)^2\times aE=1,$$

... von der Figur der Krümmung PH unabhängig ist und ... dient, das constante Verhältniſs $\frac{EF}{HI}=\sqrt{aE}$ zu be- ... Somit ist also das vorausgesetzte Gesetz genau und ... PH bleibt willkürlich, wie dieses bei der Theorie der Fortpflanzung des Schalles gleichfalls statt findet.

Es ergiebt sich hieraus, daſs die Curve PH von der ur- ...glichen Erschütterung des Wassers abhängt, das heiſst der ...ung der Wassersäulen aEFb; bFGd..., je nach der Wellen erzeugenden Ursache; die Auflösung dieser Auf- ... ist daher allgemein, wie auch diese ursprünglichen Er- ...ungen seyn mögen, und die Geschwindigkeit der Wel- ... hiervon gänzlich unabhängig, wie die der Luftwellen, ... den Schall fortpflanzen, denn man sieht leicht, daſs diese ...schwindigkeit gleichfalls durch das constante Verhältniſs EF HI ausgedrückt wird, weil in Gemäſsheit der Construction ... der Zeit HI die Puncte F und G gleiche Räume durch- ... haben, als die Puncte E und F beim Anfange dieser Zeit, ... bis diesemnach ihr Abstand und also die Höhe der ih- ... zugehörigen Säule nach dieser Zeit die nämliche seyn ... als die der Säulen, die den Puncten E und F im An- ... dieser Zeit zugehörten, so daſs man annehmen kann,

diese habe während der Zeit HI einen ihrer Basis
Raum, welcher ungefähr gleich EF gesetzt werden ka
rückgelegt. Ist aber $\frac{EF}{HI} = \sqrt{aE}$, so folgt hieraus, daſs
schwindigkeit des Fortschreitens der Wasserwellen d
gleich seyn wird, welche ein Körper durch das He
von der halben Höhe aE, die der halben Höhe des
im Canale gleich ist, erlangen würde. Hier zeigt s
vollkommene Analogie mit der Fortpflanzung des Schall
che theoretisch aus der halben Höhe der Atmosphäre
überall gleich dicht angenommen, abgeleitet wird. Wi
bei gleich vorausgesetzt, daſs die Tiefe des Wassers ni
deutend sey, so liegt hierin kein Hinderniſs, denn n
nur annehmen, daſs die Erschütterung des Wassers n
hinabreiche, wie dieses aus der Adhäsion der Wassert
unter einander folgt und durch die Erfahrungen bei de
reswellen Bestätigung findet. Kennt man aber die Ge
digkeit der Wellen durch Messung, so läſst sich hie
Tiefe, bis zu welcher das Wasser bewegt wird, auffinde
diese beträgt allezeit das Doppelte der Höhe, die der b
teten Geschwindigkeit zugehört.

Aus diesen letzten Sätzen geht klar hervor, da
GRANGE bei seiner Theorie von Principien ausging, die
Erfahrung keineswegs begründet sind; im Wesentlichen
aber seine Theorie auf die durch NEWTON aufgestellte
und man kann bloſs sagen, daſs er dieselbe anders
cirt habe.

c) FLAUGERGUES's Theorie.

31) Dieser Theorie[1] legen die Gebrüder WEBER
gröſseren Werth bei, als mit der geringen, ihr bish
schenkten Aufmerksamkeit übereinkommt; denn sie i
Versuche gegründet, die sehr geeignet sind, mit ihren e
verglichen zu werden. Diese, mit seinen eigenen Worte
dergegeben, sind folgende.

1 Verhandelingen uitgegeven door de Hollandsche Maatsc
der Weetenschappen te Haarlem. XXIX. Deel. Haarl. 1793. p.

Digitized by Google

1) In einem Behälter von etwa 12 Quadratfuſs Oberfläche … sich eine 3 Fuſs tiefe Wasserschicht. Das Gefäſs stand … eingeschlossenen Raume, um jeden Einfluſs des Win… zu vermeiden. In dem Wasser schwammen Kugeln von …, die durch etwas eingeschlossenes Blei ein dem Wasser … gleiches specifisches Gewicht hatten. Als alles in …mener Ruhe war, wurden Wellen auf der Oberfläche … Wassers durch den Stoſs mit einem Stabe erzeugt, an des… …de perpendiculär aufgesetzt sich ein kupferner Cylinder … etwa 9 Linien Durchmesser befand, welcher jedoch höch… … 4 bis 5 Linien eintauchte, um die Erschütterung der … Theile der Flüssigkeit zu vermeiden. Durch die Stöſse … groſse Undulationen auf der Oberfläche des Wassers, … vermochten den schwimmenden Wachskugeln keine … Bewegung mitzutheilen, vielmehr befanden sich die… … nach hergestellter Ruhe noch sehr nahe an den nämli… Stellen und in gleichem Abstande von dem Puncte, wo … den Stoſs die Wellen erzeugt waren, als im Anfange … der Bewegung; sie stiegen mit den Wellen in verticaler … aufwärts und sanken wieder herab, ohne in horizon… Richtung ihren Ort zu verändern. Denselben Versuch … Flaugergues an, indem er zerkleinertes Siegellack in … Wasser warf, wovon verschiedene kleine Brocken in dem… … schwebend blieben, durch ihre hervorstechende Farbe … zu beobachten waren, und durch die Wellen auf gleiche … sich in verticaler Richtung bewegten, ohne in horizon… ihren Ort zu verändern.

2) Flaugergues zog in geringer Höhe über der Wasser… … im Gefäſse eine horizontale Linie, und stellte sich die… … so gegenüber, daſs sein Auge die Wellen gegen dieselbe … Waren dann auf die angegebene Weise Wellen er…, so verfolgte er mit dem Auge mehrere derselben von … Ursprunge bis an den Rand des Gefäſses, und beobach…, daſs ihre Gipfel während der ganzen Bewegung gleich… … und ohne Unterbrechung sich in der horizontalen Rich… … erhielten und successiv alle Puncte derselben durchliefen, … jemals über dieselbe aufzusteigen oder unter sie hinabzu…, wie hätte geschehn müssen, wenn die Wellen aus ei… abwechselnd aufwärts und abwärts gehenden Bewegung der

Flüssigkeitstheilchen, der gewöhnlichen Ansicht gemä ständen[1].

Aus diesen Versuchen muſs man daher schlieſse eine Welle nicht durch eine solche Bewegung erzeug vermöge welcher die Wassertheilchen in einer schlang gen Linie auf und ab steigend sich von dem Orte b wo der Stoſs erfolgt ist, sondern daſs dieser Stoſs du Niederdrücken des Wassers eine Anschwellung um sic erzeugt, die sich kreisförmig von diesem Puncte aus verbreitet. Weil aber das Wasser von allen Seiten he erzeugte Vertiefung herbeiflieſst, so wird diese bald vollständig ausgefüllt, es entsteht hierdurch eine Erhöh dann abermals eine Erhebung oder eine neue Welle entstehn macht, welche sich gleichfalls kreisförmig a Durch mehrmalige Wiederholung dieser Wirkung wird d Oberfläche von einer Zahl concentrischer kreisförmiger bedeckt, die sich wechselseitig erheben und herabsen dadurch die Vorstellung einer undulatorischen Bewegung e wie man sie bisher gehabt hat. Sie findet auſserd scheinbare Bestätigung in den Wellen, die man au schnell flieſsenden Flüssen wahrnimmt, welche in d eine fortschreitende Bewegung haben, indem sie abw aufsteigen und herabsinken, allein diese werden durch habenheiten und Vertiefungen herbeigeführt, die sich a Boden der Flüsse finden.

Die Gebrüder Weber haben die auf diese Versu gründeten Schlüsse sachgemäſs gewürdigt, wie sich durch deren Mittheilung ergeben wird; zuvor aber m stattet seyn, noch Folgendes zu bemerken. Es gewi Anschein, als halte Flaugergues die Wellen bloſs Erhabenheiten, die sich vom Puncte der Entstehung de len kreisförmig ausbreiten, allein in diesem Falle müſ Höhe eben durch diese Ausbreitung, das heiſst den Rad

1 Diese Ansicht kommt mit der durch Newton geäuſsert ein, wenn man dieselbe streng nimmt, gilt jedoch nur von henden Wellen. Daſs übrigens die Gipfel der gewöhnlichen wellen in einer horizontalen Ebene liegen, stimmt mit der allg Erfahrung überein, die Gebrüder Weber aber machen dieses V sehr anschaulich durch die Vergleichung mit der, welche ma nimmt, wenn eine Walze unter einem Stücke Zeug hinrollt.

Digitized by Google

se proportional, abnehmen, was jedoch nicht der Fall ist, wan sich daher ihre Höhe bei ihrer Ausbreitung nicht n, so muſs dieses eine Folge von Oscillationen der Was- üchen seyn, die sich in ihnen erheben und nachher wie- erabsinken. Diese Betrachtung führte Newton und des- nhänger auf die Hypothese der Oscillationen, die Versu- le Gebrüder Weber geben aber der Sache allerdings ein s Ansehn.

12) Auf diese Versuche gründet Flaugergues die Be- Fig. 113. ung der Gestalt der Wellen. Es sey ABC ein verticaler chnitt durch die Welle, wobei BC bis zu ihrem höch- Puncte reicht, EF sey eine in diesem Querschnitte will- h gewählte Säule, und in dieser ein Theilchen I; dann ma ferner die horizontalen Linien FD; IK. Es liegt r Natur der Sache, daſs der Druck der Säule BC sich jeden Molecül des Querschnittes ABC ganz mittheilt, s folgt, daſs, abgesehn von der Schwere, jedes Molecül, das durch I bezeichnete, durch eine der Säule BC pro- ale Kraft in die Höhe gehoben wird; allein es ist auch htend, daſs das Gewicht des Theiles BK dieser Säule die entgegengesetzte Wirkung des Gewichts des Theiles eBK der Säule EF aufgehoben wird, und wenn das ül I durch die Säule FI = DK in die Höhe steigt, so e Kraft, womit dieses geschieht, bloſs durch den Theil der Säule BC gegeben. Allgemein ist also die Kraft, mit ein Molecül irgend einer Säule EF aufsteigt, dem hte des Theiles DC der Säule BC gleich, welcher sich lem Niveau des höchsten Punctes F dieser Säule EF t, mithin dem Abstande FG dieses höchsten Punctes von rizontalen Linie CH proportional. Nimmt man hiernach den Anfangspunct rechtwinkeliger Coordinaten für die AC, und die gerade Linie AB als die Axe dieser Curve, man ferner AE = x; EF = y; BC = a; die Zeit, wäh- relcher der Druck der Säule BC auf die Säule EF ge- hat, um ihren Gipfel bis F aufsteigen zu machen, = t; schwindigkeit, welche am Ende der Zeit t durch den dieser Säule erzeugt ist, = v; die Fallgeschwindigkeit und endlich die Entfernung, bis wohin der Druck der BC sich in der Zeiteinheit verbreiten kann, = h, so läſst ine Gleichung für die Curve finden. Vorausgesetzt, die

Säulen BC und EF seyen verschwindend dünn, so h
g(a—y) für das Gewicht des Theiles CD der Säule B
für die beschleunigende Kraft, welche auf den Punct
Säule EF wirkt. Nach den Regeln für die beschleun
Kräfte ist aber

$$g(a-y)\partial y = v\partial v$$

und für y = 0, wenn v = 0 wird, integrirt

$$g(ay - \tfrac{1}{2}yy) = \frac{v^2}{2},$$

alſo

$$\sqrt{g}\sqrt{(2ay-yy)} = v = \frac{\partial y}{\partial t}$$

und

$$\partial t = \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial y}{\sqrt{(2ay-yy)}} = \frac{1}{a\sqrt{g}} \cdot \frac{a\partial y}{\sqrt{(2ay-yy)}}$$

Endlich alſo

$$t = \frac{1}{a\sqrt{g}} (\text{Arc. Sin. vers.}\, y),$$

d. h. die Zeit t ist gleich der Gröſse $\frac{1}{a\sqrt{g}}$ multiplicirt
jenigen Bogen, deſsen Sinus versus = y bei einem Kre
Halbmeſser a ist. Inſofern aber die Flüſsigkeit, auf
die Wellen sich ausbreiten, als homogen angenomm
muſs die Fortpflanzung des die Wellen erzeugenden
auf eine gleichmäſsige Weise geschehn. Wenn nun
während welcher der Druck der Säule BC auf den Gi
Säule EF gewirkt hat, die nämliche ist, als während
sich der Druck von E nach A fortpflanzt, so erhält
der Proportion b : 1 = x : t die Gleichung $t = \frac{x}{b}$, u
beide Werthe von t einander gleichgesetzt werden,

$$x = \frac{b}{a\sqrt{g}} (\text{Arc. Sin. vers.}\, y)$$

als Gleichung für die Curve AC. Dieses zeigt, daſs
diejenigen Curven gehört, welche die Geometer eine *Be*
der Cykloide nennen.

Inzwischen stellt die Curve, welcher diese Gleich
gehört, nur den vorderen Durchschnitt der Welle dar,

Digitized by Google

durch den Druck der Säule BC in diesem Zustand erhalten wird, der hintere Theil der Welle hat dagegen eine andere Krümmung; denn da der Erfahrung nach die Wellen in horizontaler Ebene fortschreiten, ohne daſs sich die Wassertheilchen in dieser Richtung eigentlich bewegen, so müssen nothwendig die Spitzen der verschiedenen Säulen, welche sich in dem Querschnitt ABC befinden, um dieses Fortschreiten hervorzubringen, nach und nach die horizontale Linie CH erreichen, dann sich wieder senken, so daſs jede dieser Spitzen, indem sie für einen Augenblick den Gipfel der Welle bildet, den Schein erzeuge, bleibe sie stets in derselben Höhe und bewege sich wirklich von C nach H. Sofern also diese Wassersäulen in Folge ihres Gewichtes herabsinken und dieses sowohl gleichmäſsig als auch allmälig erfolgt, so müssen ihre Spitzen in einem verticalen Durchschnitte durch den hintern Theil der Welle eine Parabel bilden. Wirklich schienen die Wellen diese Figur zu haben, nämlich daſs ihre Oberfläche an der vorderen Seite eine Curve, wie die oben beschriebene, an der hinteren eine Parabel bildete, wie sich ergab, als diese Figur in Papier ausgeschnitten und den Wellen angepaſst wurde.

Die Zeit, welche eine Welle gebraucht, um durch ihre scheinbare Bewegung die Bahn CH, die ihrer Breite gleich ist, zu durchlaufen, ist derjenigen gleich, welche eine Säule in A am Ende der Welle gebraucht, um durch den Druck der ersten Säule BC und dann successiv aller folgenden, die zwischen BC und A liegen, bis H aufzusteigen, weil eine jede dieser Säulen, eine nach der andern, für eine gegebene Zeit die höchste wird und den Gipfel der Welle bildet. Hieraus folgt, daſs die scheinbare Geschwindigkeit der Wellen stets die nämliche ist, wie auch ihre Höhe seyn mag; denn erstlich wird die Breite der Wellen bloſs durch die Entfernung bedingt, bis zu welcher ein auf der Oberfläche des Wassers angebrachter Druck in einer gegebenen Zeit erstrecken kann, eine Entfernung, welche stets die nämliche bleibt, wie auch dieser Druck seyn mag, weil diese Fortpflanzung bloſs von der Trägheit und der respectiven Lage der Flüssigkeitstheilchen abhängt; und da zweitens die Spitze der Säule in A gegen die Linie CH, also bis zum Niveau der Säule BC, durch eine Kraft getrieben wird, welche ihrem Abstande von dieser Linie stets proportional ist, so wird diese Spitze stets die nämliche Zeit bedürfen, um dahin

I. H. Pppp

zu gelangen, welche auch immer die Höhe von B C o… urſprüngliche Abstand der Säulenſpitze, welche in A … wird, von der Linie C H ſeyn mag. Nach der Gleich… die Curve des vordern Wellendurchſchnittes erhebt … Spitze einer Säule, welche durch eine andere Säule … Höhe $=$ a gedrückt wird, zur Höhe $=$ y in einer Zeit, … $= \frac{1}{a\sqrt{g}}$ (Arc. sin. vers. y) ist, indem dieser Boge… Kreise vom Halbmeſser a zugehört und alſo die Gröſs… mit dem vierten Theile des Bogens dieses Kreises mu… wird. Heiſst alſo die Zeit t und bezeichnet π die Ludo… Zahl, so hat man

$$t = \frac{1}{a\sqrt{g}} \cdot \frac{\pi a}{4} = \frac{\pi}{4\sqrt{g}}.$$

Heiſst dann t′ die Zeit, welche eine Säule gebrauch… durch eine andere Säule von der Höhe $=$ c gedrückt w… zu dieser Höhe c zu gelangen, so hat man auf gleiche…

$$t' = \frac{1}{c\sqrt{g}} \cdot \frac{\pi c}{4} = \frac{\pi}{4\sqrt{g}},$$

alſo $t = t'$. Sofern daher die Geschwindigkeit eine… nichts anderes ist, als das Verhältniſs ihrer Breite zu d… welche der Gipfel dieser Welle gebraucht, um diese Breit… seine ſcheinbare Bewegung zu durchlaufen, oder zu d… welche die letzte Säule gebraucht, um ſich zum Niv… ersten zn erheben, so folgt hieraus, daſs die Geschwi… der Wellen von ihrer Höhe ganz unabhängig ist.

3) Um diese theoretiſch gefundene Folgerung, daſs … hen und niederen Wellen eine gleiche Geschwindigkeit… dnrch Verſuche zu bestätigen, bestimmte Flaugergues … nem aufgestaueten Theile der Rhone, wo die Waſs… daher ruhig war, eine Länge von 30 Fuſs, lieſs an der… oder dem andern Ende kleine Steine hineinwerfen, m… Zeit, welche die ſo erregten groſsen und kleinen Wel… durften, um diesen Raum zu durchlaufen, und fand, … für alle gleich war, nämlich ungefähr 21 Secunden.

33) Wenn die Spitze einer Säule, z. B. der E F, … die Wirkung der herabſinkenden Säule B C und der die… genden herabſinkenden Säulen bis zur horizontalen Lin… oder zur Höhe $=$ a gelangt, so hat diese Säule eine …

Digitized by Google

Geschwindigkeit erhalten, die ihr durch die Wirkung dieser drückenden Säulen ertheilt ist. In Gemäſsheit dieser Geschwindigkeit müſste jene gehobene Säule fortfahren sich zu heben. Denn da in dem Verhältniſs, in welchem sie aufsteigt, das Gewicht des über CH befindlichen Theiles kein Gegengewicht in dem Drucke der angrenzenden Säulen findet, so muss dieser Theil seine Geschwindigkeit zu vermindern, und die Säule also durch eine dem Abstande ihrer Spitze von der Linie CH proportionale Kraft verzögert wird, so wie sie durch eine diesem Abstande proportionale Kraft beschleunigt wurde, so müſste die beschleunigte Bewegung dieser Säule der verzögerten genau gleich seyn, und ihre Spitze sich daher eben so hoch über die Linie CH erheben, als sie sich im Anfange der Bewegung unter derselben befand, d. h. sie müſste bis zur Höhe $= 2a$ steigen. Hier angekommen müſste sie die ihr benachbarten Saulen mit einer beschleunigenden Kraft $= 2a$ drücken und diese also zur Höhe $= 4a$ gelangen, die Wellen also in einer bedeutenden Progression wachsen. Daſs dieses nicht statt findet (was übrigens theoretisch schwerlich erwiesen seyn dürfte), davon findet Flaugergues die Ursache hauptsächlich im Widerstande der Luft, in der Reibung der Wassertheilchen an einander und vorzüglich in der Adhäsion, welche die einzelnen Wasserpartikeln an einander bindet, und bewirkt, daſs die Wassersäule nicht aufsteigen kann, ohne eine Menge der ihr anhängenden, unter ihr befindlichen Wassertheilchen nach sich zu ziehen, die sie daher verhindern, zu derjenigen Höhe zu gelangen, die sie eigentlich erreichen würde, wenn sie sich frei bewegte. Die ersten beiden Gröſsen, meint er, lassen sich geometrisch bestimmen, weil die Gesetze, worauf sie beruhen, bekannt sind, allein bei der dritten, die [illegible] bei weitem die wirksamste ist, sind die Gesetze ganz unbekannt, und wollte man Hypothesen hierüber aufstellen, so [illegible] diese nur willkürlich seyn und leicht zu Irrthümern führen. Es genügt daher nur zu bemerken, daſs die Höhe der Wellen zwar nicht in dem Verhältniſs wächst, welches theoretisch gefunden ist, dennoch aber gewahrt man eine bedeutende Zunahme derselben, wenn man sie von ihrem Ursprunge an verfolgt, die sich jedoch wegen des schnellen Vorüberganges empirisch nicht wohl bestimmen läſst.

34) Das Urtheil der Gebrüder Weber über diese Theorie

Digitized by Google

kommt im Wesentlichen auf Folgendes hinaus. Der erst
such ist in Beziehung auf das, was er beweisen soll,
genügend; denn man darf als ausgemacht ansehn, da
scheinbare horizontale Fortbewegung der Wassertheilcher
existirt, sondern daſs sie, bald vorwärts bald rückwärts si
wegend, ihren Ort in horizontaler Richtung nicht wes
ändern. Ungeachtet sie selbst weit steilere Wellen erz
als welche Flaugergues durch seine Methode hervorzul
vermochte, so waren sie doch immer bedeutend flach
da die horizontalen Bewegungen der Wassertheilchen sic
zeit so viel kleiner zeigen, je weniger steil die Welle
so konnten sie bei den durch Flaugergues erzeugt
nicht wahrgenommen werden, wie denn auch Bremontii
horizontale Bewegung der Wassertheilchen in den Meere
in Abrede stellt. Durch den zweiten Versuch finden sie
ton's Theorie und die seiner Nachfolger vollkommen w
und zugleich bewiesen, daſs die Wellen ihrer Form n
der Oberfläche des Wassers stetig fortschreiten. In die
ziehung ist allerdings unleugbar richtig, daſs die Welle
aus perpendiculären Oscillationen bestehen, allein es
schon oben bemerkt, daſs ohne alle verticale Bewegu
Wassertheilchen die Wellen nothwendig auf der ihre Th
bildenden Oberfläche fortgleiten müſsten, ohne ihre Gest
die gegenseitige Lage ihrer Theilchen zu ändern, was u
len Voraussetzungen am wenigsten statthaft ist. Beka
haben aber die Gebrüder Weber eben dieses eigenth
Verhalten der Wassertheilchen durch ihre Versuche ge
mittelt. Der dritte Versuch konnte nach ihrer Ansich
zu dem Resultate führen, daſs die Geschwindigkeit alle
len gleich sey, denn es war zu schwer, unter den von
gergues gewählten Umständen genau zu beobachten;
schen geht schon daraus, daſs die Breite der Wellen bein
schreiten zunimmt, evident hervor, daſs die vorausge
sich schneller bewegen, als die nachfolgenden. Ebens
die aus oberflächlicher Ansicht entnommene Vergröſseru
Wellen beim Fortschreiten hinlängliche Widerlegung du
directen Messungen der Gebrüder Weber, abgesehn
daſs sie an sich unmöglich ist, weil sonst die Welle
Aufhören fortschreiten müſsten, bis sie zu einer widerste
Fläche gelangten.

Digitized by Google

f) Gerstner's Theorie.

Gerstner's Theorie der Wasserwellen[1] ist zwar in ...land sehr allgemein, im Auslande aber faſt gar nicht be... geworden; die Gebrüder Weber haben sie ganz aufge... hier wird aber ein Auszug aus seiner Abhandlung genügen, ... die Abkürzung der Deutlichkeit keinen Abbruch thut.

...gelt man die Erzeugung der Wellen und nimmt man ... als schon vorhanden an, so ist in diesem Zustande ..., welchen jedes Wassertheilchen an der Oberfläche ... = 0 und wächst mit der Tiefe, ist aber bei statt fin... ...regung nicht dieser allein proportional. Es sey dem... AMN diejenige Linie, in welcher alle in ihr liegende ...chen einen gleichen Druck erleiden. Im ruhigen ... ist diese eine gerade und horizontale, im bewegten ... Curve, für welche die Gleichung gesucht werden muſs. ... ein gegebenes Wassertheilchen zugleich in dieser Curve ... und daher der Druck der umgebenden Wasertheilchen ... das in dieser Bahn bewegte von allen Seiten gleich seyn ... kommt zuerst das Gewicht desselben in Betrachtung, ... ∂M heiſsen möge. Zieht man durch den höchsten ... A der Bahn die Horizontale AQ, durch M, wo sich ... befinden möge, die Lothrechte MP, so ist AM der ... zurückgelegte Raum, welchem die Horizontale AP ... die Senkrechte PM zugehören. Es sey dann Fig. 114.

$$AM = s;\quad AP = x;\quad PM = y,$$
$$MN = \partial s;\ PQ = \partial x;\ ON = dy,$$

die Geschwindigkeit des Theilchens in seiner Bahn $= v$, die horizontale Geschwindigkeit desselben $= v\,\frac{\partial x}{\partial s}$, die ... $= v\,\frac{\partial y}{\partial s}$. Ebenso zerfällt die Kraft der Schwere ... $= \partial M$ in $MD = \partial M\,\frac{\partial y}{\partial s}$, welche das Theilchen in der ...tung seiner Bahn beschleunigt, und in $ME = \partial M\,\frac{\partial x}{\partial s}$,

---

[1] Theorie der Wellen sammt einer daraus abgeleiteten Theorie der Deichprofile, von Franz Gerstner, k. k. Prof. d. höheren Mathe... ... Prag 1804. Abhandl. der kön. böhmischen Ges. der Wissensch. ... Prag für d. Jahr 1802. G. XXXII. 412.

Digitized by Google

welche auf die Richtung der Bahn senkrecht ist und da
Bewegung weder beschleunigt noch verzögert. Durch
stere Kraft MD $= \partial M \frac{\partial y}{\partial s}$ wird die Geschwindigkeit
Theilchens während der Zeit ∂t um ∂v vermehrt, un
dann die Fallgeschwindigkeit in einer Secunde 2g
wird[1], so ist die in dt erhaltene Geschwindigkeit =
Setzt man die Kräfte den Wirkungen proportional, so

$$\partial M : 2g\partial t = \partial M \frac{\partial y}{\partial s} : v, \text{ alſo } \partial v = 2g\partial t$$

oder, wegen $\frac{\partial s}{\partial t} = v$,

$$v\partial v = 2g\partial y \text{ und integrirt: } v^2 = 4gy + C.$$

Zur Bestimmung der Constante werde die Geschwindigl
Theilchens A durch c und die dieser zugehörige Fallh
durch h ausgedrückt, wodurch man erhält:

$$v^2 = c^2 + 4gy = c^2 \left(\frac{h+y}{h}\right) \ldots\ldots (A).$$

Die zweite Kraft ME, womit das Wassertheilcher
recht auf seine Bahn drückt, wird durch die Fliehkraft
dert, womit es in der Tangente MD seiner Bahn sich
wegen strebt oder der Trägheit gemäſs sich von sein
entfernen müſste. Es werde demnach der Krümmungshal
des Bogens MN durch r bezeichnet, so ist die Schw
des Wassertheilchens $= \partial M \frac{v^2}{2gr}$, mithin der Dru
Wassertheilchens gegen seine Bahn $= \partial M \left(\frac{\partial x}{\partial s} - \frac{v^2}{2gr}\right)$
das Wassertheilchen dM ist die Linie MN die Grundlin
wenn daher sein Druck auf die Bahn mit MN $= \partial s$
dividirt wird, so erhält man das Element der Wassersäule,
jeder Punct der Linie MN beschwert ist, $= \frac{\partial M}{v\partial t}\left(\frac{\partial x}{\partial s} - \right.$
Diese Wassersäule ist aber für alle Puncte der Linie
beständig und wenn daher der Krümmungshalbmesser f

1 Hier ist 2g in der älteren Bedeutung gebraucht, statt d
neuerdings diese Gröſse durch g bezeichnet.

Digitized by Google

durch k bezeichnet wird, so giebt dieses die Gleichung

$$\frac{\partial M}{v c t}\left(\frac{\partial x}{\partial s}-\frac{v^2}{2gr}\right)=\frac{\partial M}{c\partial t}\left(1-\frac{c^2}{2gk}\right), \text{ oder}$$

$$\frac{\partial x}{\partial s}-\frac{v^2}{2gr}=\frac{v}{c}\left(1-\frac{2h}{k}\right).$$

den bekannten Werth des Krümmungshalbmessers $=-\frac{\partial y}{\partial.\frac{\partial x}{\partial s}}$

und alle Glieder mit ∂v dividirt, giebt

$$\partial v\frac{\partial x}{\partial s}+\frac{v^2\partial v}{2g\partial y}.d\frac{\partial x}{\partial s}=\frac{v\partial v}{c}\left(1-\frac{2h}{k}\right).$$

aber $v\partial v=2g\partial y=\frac{c^2\partial y}{2h}$. Werden diese Werthe die Gleichung und $\frac{1}{2h}-\frac{1}{k}=\frac{1}{m}$ gesetzt, so wird

$$\partial v\frac{\partial x}{\partial s}+v.\partial\frac{\partial x}{\partial s}=c\partial y\left(\frac{1}{2h}-\frac{1}{k}\right)=\frac{c\partial y}{m}.$$

Integral dieser Gleichung ist

$$v\frac{\partial x}{\partial s}=\frac{cy}{m}+C,$$

und für den höchsten Punct A der Bahn $v=c$; $\partial x=\partial s$; ist, so ist die Constante $C=c$, und also die horizontale Geschwindigkeit des Wassertheilchens oder

$$v.\frac{\partial x}{\partial s}=c\ .\left(1+\frac{y}{m}\right)\ \ldots\ldots\ldots\ (B).$$

Gleichung auf das Quadrat erhoben und $\partial s^2-\partial y^2$ statt gesetzt giebt

$$v^2-\frac{v^2\partial y^2}{\partial s^2}=c^2+\frac{2c^2y}{m}+\frac{c^2y^2}{m^2}$$

da (nach A) $v^2=c^2+\frac{c^2y}{h}$ ist, so ergiebt sich nach einigen Reductionen die senkrechte Geschwindigkeit des Wassertheilchens oder

$$v\frac{\partial y}{\partial s}=c\sqrt{\left(\frac{2y}{k}-\frac{y^2}{m^2}\right)}\ \ldots\ldots\ (C.)$$

Hieraus folgt 1) daſs die senkrechte Bewegung verschwindet für $y=0$ und für $y=\frac{2m^2}{k}$, und die Höhe der Welle ist $BE=\frac{2m^2}{k}$. 2) Daſs die Geschwindigkeit am gröſsten Fig. 115.

ist für $y = \frac{m^2}{k} = \frac{1}{2}$ BE, oder in der Mitte der zwischen ihrem niedrigsten und höchsten Puncte. 3) D Geschwindigkeit der Welle mit der Tiefe y zunimmt, Puncte A am kleinsten, im Puncte B am gröſsten, od gleich c, in B gleich $c\left(1+\frac{2m}{k}\right) = c\left(\frac{k+2h}{k-2h}\right)$ Zeit, in welcher das Theilchen von A nach M gelangt, sich am einfachsten aus der Gleichung (C), denn ma aus ihr

$$\frac{\partial s}{v} = \frac{\partial y}{c\sqrt{\left(\frac{\partial y}{k} - \frac{y^2}{m^2}\right)}} = \partial t.$$

Um diese Gleichung zu integriren, setze man $1 - \frac{ky}{m^2} =$ dann ist $y = \frac{m^2}{k}(1 - \cos.\varphi)$, und $\partial y = \frac{m^2}{k}\partial\varphi$ also nach gehörigen Reductionen

$$\partial t = \frac{m\,\partial\varphi}{c}, \text{ folglich die Zeit } t = \frac{m}{c}\varphi \;.\;.\;.\;.\;($$

Zieht man um den Durchmesser EB, welcher die Hö Welle $= \frac{2m^2}{k}$ bezeichnet, den Kreis ERB, und durch Horizontale MS, welche diesen Kreis in R schneidet, $\cos.\,ECR = \frac{CS}{CR} = \frac{CE-SE}{CR} = \left(\frac{m^2}{k} - y\right) : \frac{m^2}{k} = 1 - \frac{ky}{m^2} =$ folglich ist der Winkel $ECR = \varphi$, und die Zeiten, in das Theilchen von A nach M und B gelangt, verhalte wie die Bogen ER und ERB. Wird der obige Wer $y = \frac{m^2}{k}(1 - \cos.\varphi)$ in die Gleichungen B und C so erhält man für die horizontale Geschwindigkeit

$$\frac{v\,\partial x}{\partial s} = \frac{cm}{2h} - \frac{cm}{k}\cos.\varphi \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;(E)$$

und für die senkrechte

$$\frac{v\,\partial y}{\partial s} = \frac{cm}{k}\sin.\varphi \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;(F).$$

Die Gleichung für die Bahn AMB findet man auf fo Weise. Die Gleichung (E) giebt

Digitized by Google

$$\partial x = \left(\frac{cm}{2h} - \frac{cm}{k}\cos.\varphi\right).\frac{\partial s}{v}.$$

.. aber $\frac{\partial s}{v} = \partial t = \frac{m}{c}\,\partial\varphi$ ist, so wird

$$\partial x = \frac{m^2}{2h}\,\partial\varphi - \frac{m^2}{k}\cos.\varphi\,\partial\varphi,$$

.. da keine Constante hinzukommt, weil für den Punct A .. x als auch φ verschwindet,

$$x = \frac{m^2}{2h}\,\varphi - \frac{m^2}{k}\sin.\varphi.$$

.. hat also für die Curve AMB die zwei Gleichungen:

$$y = \frac{m^2}{k}(1 - \cos.\varphi) = \frac{m^2}{k}\left(1 - \cos.\frac{ct}{m}\right)\ldots\ldots.(G)$$

$$x = \frac{m^2}{2h}\,\varphi - \frac{m^2}{k}\sin.\varphi = \frac{mct}{2h} - \frac{m^2}{k}\sin.\frac{ct}{m}\ldots\ldots(H),$$

.. es sich für jede beliebige Zeit t sowohl die Tiefe y, als der horizontale Weg x jedes Wassertheilchens berech.. läſst, wenn für den höchsten Punct seiner Bahn die Ge..indigkeit c und der Krümmungshalbmesser k gegeben sind.

36) Es folgt aus diesen Gleichungen, daſs die Curven der .. Cykloiden sind. Es sey der Halbmesser des auf .. Linie ID fortgewälzten Kreises IO = a, die Entfernung .. des Stiftes, welcher die Curve beschreibt, vom Mittel..cte = b. Ist der Kreis von I bis D gewälzt, so befindet der Punct I in i, der Stift A in M, und der Winkel .. sey φ. Es ist dann $SV = ID = iD = a\varphi$; $MV = b\sin.\varphi$; $= b\cos.\varphi$, also $PM = GC - CV$, oder $y = b - b\cos.\varphi$ $AP = SV - MV$, oder $x = a\varphi - b\sin.\varphi$. Vergleicht .. diese Gleichungen mit den oberen (G) und (H), so ist .. Halbmesser des Kreises $IO = a = \frac{m^2}{2h}$, und die Entfernung .. die Curve beschreibenden Stiftes vom Mittelpuncte oder $= b = \frac{m^2}{k}$. Aus der Gleichung $a = \frac{m^2}{2h}$ folgt $= \sqrt{2ah} = c\sqrt{\frac{a}{2g}}$, und dieser Werth in die Glei..g (D) gesetzt giebt die Zeit $t = \varphi\sqrt{\frac{a}{2g}}$, und wenn dann

Digitized by Google

π das Verhältniſs des Kreises zum Durchmesser beze
so ist

die Zeit einer Welle $t = \pi \sqrt{\frac{a}{2g}}$.

Fig. 115. In dieser Zeit gelangt das Wasser vom Gipfel A einer bis zum Gipfel der nächst folgenden, und sie ist blo Durchmesser des Kreises $= 2a$ oder von der Breite der $= 2AE = 2a\pi$ ohne einen Einfluſs der Tiefe abl Hieraus folgt:

1) Wellen von einerlei Breite werden in gleichen beschrieben, ihre Höhe sey groſs oder klein.

2) Da $\sqrt{\frac{2a\pi}{g}}$ der Ausdruck der Zeit ist, in welch Körper von der Höhe $2a\pi$ herabfällt, so verhält sich d einer Welle zur Zeit, in welcher ein Körper durch die der Welle $(2a\pi)$ herabfällt, wie $\sqrt{\pi}$ zu 1.

3) Die Länge des einfachen Secundenpendels, welc einer mit dem Halbmesser a beschriebenen Cykloide sch ist $= 4a$, und daher ist die Länge eines mit der Welle g zeitig schwingenden Pendels doppelt so groſs, als der Hal ser des die Wellencykloide beschreibenden Rades, oder Pendellänge $= 4a$ verhält sich zur Breite der Wellen = wie der Durchmesser eines Kreises 2 zu seiner halben pherie π. Nach Newton ist diese Pendellänge der W breite beinahe gleich (§. 27).

4) Wird die Breite der Welle $2a\pi$ mit der Zeit $\pi \sqrt{\frac{2}{-}}$ welcher sie beschrieben wird, dividirt, so ergiebt sich die lere Geschwindigkeit des Wassers $= \sqrt{2ag}$, welche v h möge. Die Geschwindigkeiten der Wellen verhalten sic her, wie die Quadratwurzeln ihrer Breiten, was mit New Ansicht übereinstimmt (§. 27).

37) Um die Gleichungen für die Cykloide leicht übersehen, sucht Gerstner die Ausdrücke der Gröſs $\frac{m}{2h}$, $\frac{m}{k}$, $\frac{m}{c}$ in Functionen von a und b, und substituirt

Digitized by Google

in den Gleichungen D, E, F, G, H. Die Gleichungen $a = \frac{m^2}{2h}$ und $b = \frac{m^2}{k}$ geben

$$a - b = m^2 \left(\frac{1}{2h} - \frac{1}{k}\right) = m,$$

weil $\frac{1}{2h} - \frac{1}{k} = \frac{1}{m}$ gesetzt ist. Hieraus wird

$$\frac{m}{2h} = \frac{a}{m} = \frac{a}{a-b} \text{ und}$$

$$\frac{m}{k} = \frac{b}{m} = \frac{b}{a-b}.$$

Die Gleichungen $c = 2\sqrt{gh}$ und $m = \sqrt{2ah}$ geben

$$\frac{cm}{2h} = \sqrt{2ag} = v.$$

Diese Werthe substituirt wird

die Zeit $t = \frac{a\varphi}{v}$, oder der Winkel $\varphi = \frac{tv}{a}$ . . . . (I)

die horizontale Geschwindigkeit $v\frac{\partial x}{\partial s} = v\left(1 - \frac{b}{a}\cos.\varphi\right)$ . . (K)

die senkrechte Geschwindigkeit $v\frac{\partial y}{\partial s} = v\,\frac{b}{a}\sin.\varphi$ . . . . . (L)

der horizontal durchlaufene Raum $x = a\varphi - b\sin.\varphi$ . . . (M)

der lothrecht durchlaufene Raum $y = b\sin.\text{vers.}\,\varphi$ . . . . (N)

Der Mittelpunct des beschreibenden Rades O durchläuft wäh- Fig. 116.
rend der Zeit t den Raum $OC = ID = iD = a\varphi = tv$ . . . (O)

daher die Geschwindigkeit desselben $= \frac{a\varphi}{t} = v$ . . . (P).

Hiernach haben die in der Wellenbewegung befindlichen Wassertheilchen eine horizontale Bewegung $a\varphi = tv$, welche veränderlich und allen Wassertheilchen gemein ist, und eine Kreisbewegung, wofür die Ausdrücke $b\sin.\varphi$ und $b\sin.\text{vers.}\,\varphi$, die aber $b\sin.\frac{tv}{a}$ und $b\sin.\text{vers.}\frac{tv}{a}$ gelten. Jedes Wassertheilchen dreht sich im Kreise um einen Mittelpunct, welcher selbst horizontal mit der Geschwindigkeit v fortschreitet. Beide Bewegungen sind gleichförmig, und nur durch ihre Verbindung erzeugen sie die an den Wellen sichtbaren Ungleichheiten.

Digitized by Google

38) Ein einfaches Pendel, dessen Länge sich zur do
Breite der Welle so verhält, wie der Durchmesser eine
ses zu seinem Umfange, schwingt in eben der Zeit, in
das Wasser seine ganzen Kreise zurücklegt, oder in
dasselbe vom Gipfel einer Welle zum Gipfel der andern g
Die Durchmesser dieser Kreise sind an der Oberfläc
Wellenhöhe gleich, unterhalb nehmen sie im geometrisch
hältniſs ab, wie aus dem Folgenden hervorgeht.

Fig. 117. Es seyen AMN, amn die Wege, welche zwei z
bei einander flieſsende Theilchen unter der Oberfläc
Wassers durchlaufen, und BC, bc die Wege ihrer Mittel
Für das erste Wassertheilchen sey der höchste Punct
Bahn A, der Mittelpunct seiner Kreisbewegung lothrecht
ter B, für das zweite Wassertheilchen seyen beide in a
so daſs alle vier Puncte A, B, a, b sich in der gemein
lichen Senkrechten Gb befinden. Nach Verlauf der
mögen beide Mittelpuncte B und b nach C und c gek
seyn. Weil sich die Mittelpuncte mit gleicher Geschw
keit v bewegen, so ist $BC = bc = tv = a\varphi$, und die
UCc ist gleichfalls senkrecht. Macht man die
$UCM = Ucm = \varphi$, und die Halbmesser $CM = BA$, cm
so sind die Wassertheilchen A und a in der Zeit t n
und m gelangt. Da die Wassertheilchen nicht aus ihren
nen treten, so können die Wege AMN, amn als zwe
gedacht werden, zwischen denen das eingeschlossene
fortflieſst. Durch alle Querschnitte, die wir auf beide ei
unendlich nahe liegende Ufer senkrecht annehmen, müsse
her in gleicher Zeit gleiche Wassermengen flieſsen, und
die Producte aus jedem Querschnitt (me) in die Geschw
keit (v), womit das Wasser durch denselben flieſst, ei
gleich seyn, was zugleich aus der geringen Zusammendrüc
keit des Wassers folgt.

Um die Gröſse des Querschnittes me auszudrücken, se
mit den Mittelpuncten der Kreisbewegungen sich gleichn
bewegende Wassertheilchen der Oberfläche in U, fo
$GU = BC = bc$; die Tiefe UC sey u und $Cc = \partial u$
Halbmesser der Kreisbewegungen seyen $MC = z$, $mc = z$ -
Man ziehe moi parallel zu cCU, so ist $Mo = mc - MC =$
und weil $Moi = MCU = \varphi$, so ist $Mi = - \partial z$ si
$oi = - \partial z \cos. \varphi$. Der Raum, welchen der Punct M i

Digitized by Google

... zurücklegt, sey $MN = \partial s$, folglich $MO = \partial x$ und ... $= \partial y$, und man hat dann wegen der Aehnlichkeit der ... Mir und MON

$$ir = Mi \frac{ON}{MO} = -\partial z \sin.\varphi \frac{\partial y}{\partial x}.$$

... folgt

$$\ldots = \ldots + oi - ir = \partial u - \partial z \cos.\varphi + \partial z \sin.\varphi \frac{\partial y}{\partial x}.$$

... zugleich das Dreieck emr dem Dreieck OMN ähn-... so erhält man $me = mr \frac{OM}{MN}$, und also den Quer-...

$$me = (\partial u - \partial z \cos.\varphi) \frac{\partial x}{\partial s} + \partial z \sin.\varphi \frac{\partial y}{\partial s}.$$

... Wassermenge, welche in jeder Secunde durch den Querschnitt ... ist $= me.v = (\partial u - \partial z \cos.\varphi) \frac{v \partial x}{\partial s} + dz \sin.\varphi \frac{v \partial y}{\partial s}.$

... aber (nach K und L) $\frac{v \partial x}{\partial s} = v\left(1 - \frac{b}{a} \cos.\varphi\right)$ und $\ldots = v \frac{b}{a} \sin.\varphi$. Diese Werthe substituirt und statt des ... der Kreisbewegung b die unbestimmte Benennung ... $= z$ genommen giebt die Wassermenge

$$me.v = v\left(\partial u - \partial z \cos.\varphi - \frac{z}{a} \cos.\varphi\, \partial u + \frac{z \partial z}{a}\right) \ldots (Q).$$

... Ausdruck muſs für alle Puncte der Bahn AMN derselbe ... darf also vom Winkel φ nicht abhängen, und die mit ... multiplicirten Glieder müssen für sich verschwinden. ... ist

$$a\partial z + z \partial u = 0 \text{ und } a \text{ Log. } z + u = \text{Const.}$$

... Oberfläche des Wassers sey der Halbmesser der Kreis-... oder die halbe Höhe der Welle $= b$, und da dann $u = 0$ die Gröſse $z = b$ wird, so ist

$$a \text{ Log. } b = \text{Const. und } \frac{z}{b} + \frac{u}{a} = 0.$$

... dann die Grundzahl der natürlichen Logarithmen e, so ...

$$z = b e^{-\frac{u}{a}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (R).$$

... folglich die Tiefen in einer arithmetischen Reihe

Digitized by Google

0, u, 2u, 3u.... genommen, so gehören dazu die H

der Kreisbewegung b, $be^{-\frac{u}{a}}$, $be^{-\frac{2u}{a}}$, $be^{-\frac{3u}{a}}$

welche eine geometrische Reihe bilden. Wird en

Werth $du = -\frac{a\partial z}{z}$ in die Gleichung Q gesetzt,

sich das Element der Wassermenge, welche durch jed

schnitt me flieſst,

$$= v\left(\partial u + \frac{z\partial z}{a}\right) = -v\left(\frac{a^2 - z^2}{az}\right)\partial z \; \ldots.$$

39) Diesem gemäſs läſst sich die Wellenbewegu Construction anschaulich machen. Für die Oberfl Wassers ist b = a, in diesem Falle also die horizo wegung der Kreisbewegung gleich, und die W
Fig. 118. ABCDEFGHIKLMA wird eine gemeine Cyklo Mittelpunct der Kreisbewegung durchläuft die horizont NO, und die Höhe der Welle ist $AP^2 = 2OG$ Unter der Oberfläche des Wassers sind die Tiefen de puncte O^1, O^2, O^3..... in arithmetischer Progress nommen, nämlich $OO^1 = \frac{1}{2}a$, $OO^2 = a$, $OO^3 =$ Die Halbmesser der Kreisbewegung, welche dieser zugehören, sind demnach $O^1G^1 = \frac{a}{\sqrt{e}} = 0,$

$O^2G^2 = \frac{a}{e} = 0{,}3679\,a$, $O^3G^3 = \frac{a}{e\sqrt{e}} = 0,$

$O^4G^4 = \frac{a}{ee} = 0{,}1353$...... Die Kreise, welche sen Halbmessern aus den Mittelpuncten O, O^1, O^2, O^3, beschrieben sind, zeigen sowohl die eigentliche Gr Kreisbewegungen, die auf jedem Puncte der Hori NO, N^1O^1, N^2O^2, N^3O^3.... vorgehen, als a verhältniſsmäſsige Abnahme der Tiefe.

Gerstner theilt ferner die Peripherieen der Kreise i Theile, und bestimmt für jeden zwölften Theil die B, C, D, E.... B^1, C^1, D^1, E^1.... B^2, C^2, D^2, die (§. 38) angegebene Weise. Diesemnach sind AB, BC, (A^1B^1, B^1C^1, C^1D^1,.... A^2B^2, B^2C^2, C^2D^2.. Räume, welche von den Puncten A, A^1, A^2.... in g Zeiten zurückgelegt werden, und die Linien A A^1 A^2 A B B^1 B^2 B^3.... C C^1 C^2 C^3.... zeigen die Orte, in

die Puncte der Senkrechten $A\,A^1\,A^2\,A^3 \ldots$ nach glei- Zeiträumen befinden. Man ersieht hieraus, daſs die gröſste ..schiebung der Wassertheile an der Oberfläche statt findet .. die Bewegung des Wassers in zunehmender Tiefe sich .. der Gleichförmigkeit nähert, was mit der Erfahrung der .. übereinstimmt[1]. Der Umstand, daſs die Wellen auf .. Oberfläche selten eine gemeine, meistens eine gestreckte .. bilden, erfordert keine Veränderung der Zeichnung, .. es kann für die Oberfläche des Wassers irgend eine der .. $A^1B^1C^1D^1 \ldots A^2B^2C^2D^2$ u. s. w. genommen .., und die Bewegung des Wassers unter dieser Ober- .. bleibt dann immer die dargestellte.

Wird u negativ genommen oder die Bewegung des Was- .. oberhalb der gemeinen Cykloide untersucht, so ergiebt .. der Halbmesser der Kreisbewegung

$$z = a e^{\frac{u}{a}},$$

.. gröſser als a. Für diesen Fall wäre die Kreisbewegung .., als die fortschreitende, und die Wellenlinie eine ge- .. Cykloide, wie die punctirte in der Figur für $u = \frac{1}{4}$ a. .. scheint es nicht unmöglich, daſs die Kraft, welche die ..bewegung des Wassers hervorbringt, sie auch gröſser ma- .., als die fortschreitende Bewegung desselben ist; .. kommt dieses vor, wenn das Wasser an den Wellen- .. sich kräuselt. Allein wenn man $e^{\frac{u}{a}}$ in die bekannte .. auflöst, so erhält man

$$z = a + u + \frac{u^2}{2a} \ldots, \text{ folglich}$$

$$OG = z - u = a + \frac{u^2}{2a} \ldots$$

.. müſste OG gröſser als a seyn, und daher das Wasser .. Theile seiner Bahn sich unterhalb der Oberfläche, .. die Cykloide AGO beschreibt, bewegen. Allein dieses .. mit der Undurchdringlichkeit der Körper im Widerspruche. .. Gipfel der Welle müſste umgekehrt eine negative Undurch- ..lichkeit, oder eine Anziehung vorhanden seyn, um die

---

1 Man weiſs jetzt, daſs diese Angabe falsch ist. Vergl. Art. *Meer.* VI. S. 1742.

Digitized by Google

Zerstreuung der Wassertheilchen zu hindern und si cykloidischen Bahn gehörig umzubiegen, welches mit d sigkeit des Wassers und der gemeinen Erfahrung im spruche steht. Kräuselnde Wellen befinden sich demn ſser dem Beharrungszustande, welcher allein sich zur nung eignet, und sie müssen daher von der Theori schlossen werden.

40) Da die hier gegebene Theorie der Wellen Gleichheit des hydrostatischen Druckes beruhet, so geh hervor, daſs alle Bewegungen des Wassers, welch hydrostatischen Druck nicht ändern, auch die Wellenb nicht stören. Es können sich daher mehrere Wellen v schiedener Gröſse und nach verschiedenen Richtunge einander durchkreuzen und jede einzeln ihre Bewegun stört fortsetzen, woraus die mannigfaltigen, auf der O des Wassers sich zeigenden Erhöhungen erklärbar wer

Es ist bei dieser Theorie vorausgesetzt worden, daſs d in Wellenbewegung befindliche Wassermasse ruhe und Gipfel der Wellen stets auf der nämlichen Stelle bleib zwischen sieht man leicht, daſs die Gestalt der We alles, was über die Kreisbewegung des Wassers ange auch dann statt findet, wenn das gesammte Wasser noc eine gemeinschaftliche Bewegung hat, denn dadurch die fortschreitende Bewegung der Mittelpuncte der wegung anders bestimmt; die Kreisbewegung selbst, di der Halbmesser und die Umlaufszeit bleiben dieselben. nommen also, das gesammte Wasser habe auſser der G digkeit v noch die Geschwindigkeit $\pm$ w, so ist die Ge digkeit, womit die Wellengipfel auf der Oberfläche d sers fortlaufen, $= \pm$ w, unddie Geschwindigkeit de puncte $= v \pm w$. Jedes Wassertheilchen beschreibt der Zeit t den horizontalen Raum

$$x = (v \pm w)\, t - z \sin. \frac{tv}{a} = (1 \pm \frac{w}{v})\, a\varphi - z \ldots$$

wobei der senkrechte Raum $y = z$ sin. vers. φ und d messer der Kreisbewegung $z = b e^{-\frac{u}{a}}$ dieselben wie und (R) bleiben. Sind w und v einander gleich und gengesetzt, wie meistens auf stehenden Gewässern, so

Digitized by Google

$$x = -z \sin.\varphi, \quad y = z \sin.\text{vers.}\varphi,$$

die ganze Bewegung eines Wassertheilchens ist

$$z\varphi = z\frac{tv}{a} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (T).$$

sem Falle beschreiben die Wassertheilchen nur Kreise, Mittelpuncte ruhen; sie haben keine horizontale fortſchrei- Bewegung, sondern kommen in ihren kreisförmigen Bahnen wieder auf dieselbe Stelle zurück. Die Gipfel der Wellen fen auf der Oberfläche des Wassers mit der Geschwin- $w = v = \sqrt{2ag}$ fort, die Richtung dieser scheinba- wegung ist die nämliche mit der Richtung des Wassers n Gipfeln der Wellen, aber im Thale zwischen zwei ben ist die Bewegung des Wassers der Bewegung der entgegengesetzt Hieraus wird begreiflich, wie die die Wellen vor sich her treiben, ohne daſs das Wasser Ort merklich ändert. Ist demnach die Dauer einer d. h. die Zeit, in welcher ein schwimmender Körper pfel der einen Welle auf den der andern gelangt, durch tung bestimmt, so läſst sich hieraus die Breite der und der Raum, welchen ihre Gipfel in gegebener Zeit gen, finden. Es sey die Dauer einer Welle in Secun- τ, so ist (§. 36) $\tau = \pi\sqrt{\frac{2a}{g}}$, und wenn $g = 15{,}09$ als gesetzt wird:

eite der Wellen $B = 2a\pi = g\frac{\tau^2}{\pi} = 0{,}801\ \tau^2$,

chwindigkeit der Wellen $w = v = \frac{2a\pi}{v} = 0{,}801\ \tau$.

also der Raum, welchen eine Welle in einer Stunde gt, $= 2883{,}5\ \tau$ Toisen, und Wellen, deren Dauer z. B. 2 agt, verbreiten sich in 10 Stunden durch einen Grad oder r. Meilen. Ist die beobachtete Geschwindigkeit hiervon ken, so zeigt der Unterschied die wirkliche Bewegung ssers.

der vorgetragenen Theorie folgt, daſs die Breite nebst e der Wellen und die wirkliche Bewegung des Was- von einander unabhängige Gröſsen sind, die durch die tung bestimmt werden müssen, aber die Dauer einer

Digitized by Google

Welle τ und ihre Breite B stehen in einem Verhältniſs
ches durch die Gleichung

$$B\pi = g\tau^2$$

gegeben ist. Heiſst dann die absolute Geschwindig
Wassers A, so ist die Geschwindigkeit der Wellen

$$\pm w = A - g\frac{\tau}{\pi} = A - \sqrt{\frac{Bg}{\pi}}.$$

Hieraus läſst sich die Geschwindigkeit des Wassers be
wenn die Geschwindigkeit und die Dauer oder die B
Wellen gegeben sind.

41) Die Erhöhung der Mittelpuncte der Kreisb
verdient noch eine besondere Betrachtung. Die Gle
M und N geben das Element der Fläche

Fig. 115. $$PMNQ = y\partial x = b\,(1 - \cos.\varphi)\,(a - b\,\cos.\varphi)$$

Hieraus folgt die Fläche

$$APM = \int y\partial x = ab\varphi - b\,(a+b)\sin.\varphi + \frac{b^2}{2}(\varphi + \sin.$$

Wird $\varphi = 2\pi$ gesetzt, so ist die Fläche der ge
Cykloide

$$2AMBE = (2ab + b^2)\,\pi,$$

die doppelte Fläche

$$2ADBE = 2AE\,.\,EB = 2a\pi\,.\,2b.$$

Demnach ist der Inhalt einer Welle

$$2\,(ADBE - AMBE) = (2a - b)\,b\,\pi.$$

Bei ruhigem Wasser steht dieser Inhalt über der Linie 2DB
durchaus gleich hoch, seine Höhe ist daher

$$\frac{(2a - b)\,b\pi}{2a\pi} = b - \frac{b^2}{2a}.$$

Wird diese Höhe mit der Höhe der Mittelpuncte der
$= b$ verglichen, so ergiebt sich, daſs die Höhe der Mi
um $\frac{b^2}{2a}$ gröſser ist, als die Oberfläche des ruhigen

Für die gemeine Cykloide ist $b = a$, folglich wird
höhung $= \frac{1}{2}a$ oder so groſs, als der vierte Theil der
Wellen. Für die Wellenlinien unter der Oberfläche des
gilt die nämliche Rechnung, wenn man statt b den Hal
oder $be^{-\frac{u}{a}}$ setzt. Hieraus folgt, daſs für die W
wegung die sämmtlichen Wassertheile nicht nur die
wegung, sondern auch eine Erhöhung annehmen müsse

Digitized by Google

Die Wassersäule, welche das Maſs des hydrostatischen Druckes für jedes Wassertheilchen giebt, findet sich auf folgende Weise. Das Element der Wassermenge, welche in jeder Secunde durch den Querschnitt m e flieſst, war (nach S) = Fig. 117 u. 118.
$\left(v+\frac{2vz}{a}\right)$, und sonach ist die ganze Wassermenge, welche in jeder Secunde durch den Querschnitt AA^n oder GG^n (wo-bei statt n jede der in der Figur enthaltenen Zahlen gesetzt werden kann) flieſst, $= v\left(u + \frac{z^2 - b^2}{2a}\right)$. Wird diese mit der mittleren Geschwindigkeit des Wassers = v dividirt, so erhält man die Wassersäule, womit jeder Punct der Linie $B^n C^n D^n$ ... beschwert ist, $= u + \frac{z^2 - b^2}{2a}$. Im ruhigen Wasser sind die Halbmesser der Kreisbewegungen b und z = 0, wodurch der Druck der Wassersäule, übereinstimmend mit den hydrostatischen Gesetzen, = u wird. Setzt man für eine beträchtliche Tiefe z = 0, so ist daselbst der Druck der Wassersäule $u - \frac{b^2}{2a}$, und da sich oben ergab, daſs die Mittelpuncte der Wellen auf der Oberfläche des Wassers gleichfalls um $\frac{b^2}{2a}$ tiefer stehen, als das ruhige Wasser, so folgt hieraus, daſs die Wellenbewegung den hydrostatischen Druck des Wassers in der Tiefe nicht ändert.

42) Gerstner setzt noch folgende Betrachtungen hinzu. Da es bei dieser Demonstration zugleich auf eine leichte Darstellung abgesehn war, so ist zuerst nur der einzelne Fall erörtert, wenn die fortschreitende Bewegung des Wassers so beschaffen ist, daſs die Gipfel der Wellen auf der Oberfläche des Wassers nicht fortlaufen. Dieses kann aber nur auf einem tiefen Wasser statt finden, welches sich mit derselben Geschwindigkeit den Wellen entgegen bewegt, womit deren Gipfel auf dem ruhenden Wasser fortlaufen würden. Wird dagegen die Bewegung der Wellen von der des Wassers unabhängig und für sich allein betrachtet, so muſs das Wasser ohne fortschreitende Bewegung angenommen und in der allgemeinen Theorie (§. 40) v = 0 gesetzt werden. Für diesen Fall ergab sich, daſs die Wassertheile nur Kreise, und zwar mit gleichförmiger Bewegung, beschreiben. Die Halbmesser dieser Kreise giebt die

Digitized by Google

Gleichung $z = b e^{-\frac{u}{a}}$, und die Winkelgeschwindig $\frac{v}{a} = \frac{\sqrt{2g}}{a} = \frac{\pi}{v}$. Aus der Gleichung $v - w = 0$ fol gens von selbst, daſs die Geschwindigkeit der Wellen genommenen Geschwindigkeit des Wassers v gleich se daſs sonach die Sätze, welche oben von der Geschwi des Wassers angeführt wurden, in diesem letztern F Wellen allein zukommen. Dieses findet auf stehenden statt, und auch bei flieſsenden kann angenommen werd die ganze Wellenbewegung des stehenden Wassers mit schwindigkeit des Stromes fortgetragen werde.

Fig. 119. Um dieses zu erläutern, seyen ABCDEF und HI zwei Kreise, von den zwei auf der Oberfläche des befindlichen Wassertheilchen A und H beschrieben. F den diese Kreise, und ebenso die Zeiten, in denen di sertheilchen sie durchlaufen, in beliebige, hier in ach getheilt. Im ersten Zeittheilchen befinden sich die theilchen A und H in der Wellenlinie PAH, welche sen Augenblick die Oberfläche des Wassers vorstellt. rend des ersten Zeittheilchens geht das Theilchen A das Theilchen H nach I, und beide befinden sich in d lenlinie SBI, welche die Oberfläche des Wassers Augenblick der zweiten Zeitabtheilung vorstellt. Da das Theilchen B nach C und befindet sich auf dem Gi Welle, das Theilchen I aber nach K, und beide befin in der Wellenlinie CKV. Weiter geht C nach D, K auf den Gipfel der Welle nach L, und beide befinden der Wellenlinie DLY, und so weiter für die übrigen theilungen.

Was hier von der Oberfläche des Wassers gesagt i auf gleiche Weise auch unter dem Wasser vor. Wer den Mittelpuncten X und Z die verticalen Linien $X x \xi$ herabgelassen und die den Tiefen Xx, $X\xi$ zugehöriger messer (§. 39) ax, $\alpha\xi$ genommen, so beschreiben a Theilchen a, α um ihre Mittelpuncte x, ξ die gleich Kreise abcde, $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon$, und eben dieses erfolgt bei den chen h, η...., wodurch also die Lage aller dieser Th bestimmt wird. Hieraus wird vorstellbar, wie die Gi

Digitized by Google

... P, S, C, L... auf der Oberfläche des Wassers eine ...rde Bewegung zeigen, da sich doch die Theilchen nur ... bewegen, die Richtung der Wellenbewegung ist die ... als die, nach welcher sich jedes Wellentheilchen C ... Gipfel der Welle bewegt, dagegen ist diejenige Rich... F nach A, nach welcher sich das Wassertheilchen im ... Puncte der Welle bewegt, jener gerade entgegenge... ...n sieht auch, daſs bei den Wellen überhaupt die ...chen nicht zwischen einander laufen, sondern stets ...en Wassertheilchen umgeben sind, indem nur die ... der Flächen AH; BI; CK... ah; bi; ck... sich ...bewegungen gemäſs abändern. Es wird hiernach nicht ... Zusammenstoſsen, sondern auch jede Reibung der ... unter einander vermieden, und bei vollkommener ... des Wassers würde daher die begonnene Wellenbe... stets fortdauern, wenn sie wirklich ohne alle Hinder... Adhäsion, des Widerstandes u. s. w. statt fände. ...kommenen Beharrungszustande der Wellen wird au... eine unendliche Tiefe des Wassers erfordert, weil bei ...chen die Bewegung = 0 wird; allein die Bewe... ...mt mit der Tiefe so schnell ab, daſs sie bald für un... gelten kann. Hieraus folgt aber zugleich, daſs in ... Wasser keine hohen Wellen entstehn können. Wel... übrigens sehr leicht, denn die irregulären Bewe... Wassertheilchen zerstören sich sofort, und nur die ... bleiben.

...n kann nicht verkennen, daſs diese Theorie mit Scharf... ...dacht und sehr lichtvoll dargestellt worden ist, auch ... mit den Erfahrungen im vollkommenen Einklange ... Dabei setzt Gerstner hinzu, noch niemand habe die ...ere Bewegung der Wassertheilchen beobachtet, und es ... auch bei den Meereswellen überhaupt nicht wohl mög... Inzwischen ist auch diese Theorie nicht durchaus genü..., wie aus der gründlichen Kritik derselben durch die Ge... Weber einleuchtend hervorgeht.

...) Hiernach ist Gerstner's Theorie nur von einer be... Art stehender Schwingungen gültig, was zum Theil ... herrührt, daſs er nicht die Entstehung der Wellen un..., sondern sie als schon vorhanden annimmt. Auch ... (§. 45) betrachtet den Fall, wo nicht an einem be-

sondern Orte, sondern auf der ganzen Oberfläche der F keit Wellen entstehn, und findet, daſs dann die Bewegu sentlich verschieden von der Wellenbewegung sey, d von einem bestimmten Orte aus über die ganze Flüssigk breitet. Nach beiden Gelehrten soll in diesem Falle c wegung im Innern der Flüssigkeit, wenn die Tiefen ir metischer Progression wachsen, in geometrischer abr und dieses Gesetz soll nach Poisson auf gewöhnliche nicht anwendbar seyn. Nach Weber's Untersuchunger aber die Bewegungen in diesem besondern Falle stehende S gungen, und in jedem, von regelmäſsigen Wänden schlossenen Gefäſse gehen alle Wellenbewegungen zul stehende Schwingungen über. Aus Gerstner's Theori daſs jede Wellenbewegung endlich der von ihm gefu ähnlich werden müsse, und sofern sie sich daher auf d henden Schwingungen bezieht, kann von keiner scheinbar wegung der Wellen die Rede seyn, weswegen auch eine zeitig statt findende Bewegung der Wassertheilchen mit b sichtigt wird. Die ganze Untersuchung führt dahin, d der Wellenbewegung, wenn sie bloſs durch den sta Druck unterhalten wird, keine andere Bewegung der W theilchen statt finden könne, als in Cykloiden, und da die Oberfläche der Wellen eine solche Cykloide sey, als die Wassertheilchen sich bewegen. Hierdurch wird d ausgeschlossen, daſs die cykloidische Bewegung sich der förmigen nähert; die cykloidische Bewegung der Wasse chen kann in den in der Rechnung begriffenen Fällen gestreckt seyn, aber nie gedrückt, sie kann sich der ho talen geraden Linie annähern, aber nie der kreisförmigen. Voraussetzungen nach kann eine vorhandene Wellenbew durch den bloſsen statischen Druck nur *fortbestehn*, we Wassertheilchen sich in Cykloiden bewegen, entweder in nen, oder in gestreckten, oder in gedrückten; der letzte Fal sich aber der Rechnung nicht unterwerfen. Daraus folgt abe durch die bloſse Wirkung des statischen Druckes die Erh gen und Vertiefungen der Wellen nicht fortschreiten, die len daher stehn bleiben. Anders würde es seyn, wenn dem Wasser eine vom statischen Drucke völlig unabhä Bewegung zuschreibt, in welchem Falle dann, wie Gers zeigt, die Wellenbewegung noch auf eine andere Weise

Digitized by Google

n würde. Bei stehendem Wasser haben die Theilchen e fortdauernde horizontale Bewegung, aber nach Gerstner das Stehenbleiben der Wellen daraus hervorgehn, daſs die mten Wassertheilchen sich vermöge des statischen Dru- mit einer bestimmten Geschwindigkeit horizontal fortbewe- and eine von diesem statischen Drucke ganz unabhängige t sie wieder rückwärts bewege. Der statische Druck könnte eine fortdauernde horizontale Bewegung der gesammten igkeit nur dann hervorbringen, wenn der Boden des Ge- oder Canales geneigt wäre, und nur bei sehr tiefem Was- dessen Oberfläche auch ohne Wellen geneigt seyn müſste. dem ist bei keinem stehenden Wasser eine Kraft gege- die unabhängig vom statischen Drucke die ganze Was- se mit constanter Geschwindigkeit zurückschöbe, und det die ganze Berechnung auf stehendes Wasser keine ndung.

Weber giebt an, daſs nach einem Urtheile von Moll- r und Möbius in der vorliegenden Theorie zwei Sätze ten seyen, deren einer auf bloſser Hypothese beruhe und zu ihrer Unterstützung nicht dienen könne. Zuerst sage daſs der Druck senkrecht auf die Bahn eines Wassertheil- s von beiden Seiten gleich groſs seyn müsse, weil sonst Theilchen nach oben oder nach unten ausweichen würde, gegen nichts einzuwenden ist. Der zweite Satz dagegen, alle Kräfte, die senkrecht auf verschiedene Puncte der drücken, gleich seyen, folge durchaus nicht aus den Ei- haften der Flüssigkeiten und müsse vielmehr als bloſs thetisch gelten. Inzwischen ſinde ich nicht, daſs Gerstner n Satz zur Begründung seiner Hypothese aufgestellt habe; er aber (§. 35) sagt, daſs der Druck der umgebenden ertheilchen gegen das in der Cykloide bewegte von allen n gleich seyn müsse, so sehe ich dieses als eine Folge- aus der Voraussetzung an, wonach sich das Theilchen in angenommenen Curve bewegt, was nicht statt finden würde, n nicht der Druck der umgebenden Wassertheilchen das- in jedem Puncte dieser Bahn erhielte. Uebrigens ist die- Satz der nämliche, welchen auch die Gebrüder Weber r beleuchten. Denkt man nämlich die auf M und N senk- Fig. 120. t auf die Bahn des Theilchens wirkenden Kräfte durch mM m'M; nN und n'N ausgedrückt, und alle diese Kräfte

unter einander gleich, so würde die Beschleunigung des T
chens M bloſs von seinem Gewichte abhängen. Wäre
zwar $mM = m'M$ und $nN = n'N$, allein mM gröſser a
(wovon mit bloſser Rücksicht auf die Eigenschaften einer
kommenen Flüssigkeit die Möglichkeit nicht zu läugne
so würde das Theilchen M in seiner Bahn nach N beschl
werden.

Nach Weber ist vermöge der Voraussetzung, da
Wellenbewegung im ganzen Canale von unbegrenzter
und Tiefe vorhanden sey, der auch von Poisson besonde
handelte Fall statt findender sogenannter stehender Schwi
gen der eigentliche Gegenstand der Untersuchungen G
ner's, womit das von Beiden aufgefundene Gesetz über
der Tiefe abnehmende Bewegung sehr wohl harmonirt
zwischen scheint diese Untersuchung sich nicht auf all
hende Schwingungen, sondern nur auf einen speciellen F
erstrecken. Bei der stehenden Schwingung setzt sich die
sigkeit in ein gewisses Gleichgewicht, so daſs die Schwi
gen der einzelnen Flüssigkeitsabtheilungen sich nicht geg
tig erzeugen, wie bei den fortschreitenden Wellen, s
daſs jede Abtheilung von selbst diejenigen Schwingungen
zu denen sie sonst von den angrenzenden Abtheilunge
zwungen werden würde. Diese vollkommen freie Schwi
findet aber nur dann statt, wenn die Geschwindigkeit
Theilchens in seiner Bahn bloſs durch seine Schwere verg
oder vermindert wird, wenn also die Seitendrucke nicht
von allen Seiten, sondern auch in allen Puncten der
gleich sind, wie Gerstner annimmt. Dabei muſs ab
merkt werden, daſs zur stehenden Schwingung diese vo
mene Gleichheit in allen Puncten der Bahn eines The
nicht einmal erfordert wird, da es vielmehr schon hinreicht,
die nämlichen Ungleichheiten nur periodisch wiederkehren
diese Art der stehenden Schwingungen, welche allerdin
gewöhnlichste ist, bezieht sich Gerstner's Theorie, die
in Folge der gemachten Voraussetzung sehr speciell, abe
darum zugleich interessant ist. Diese Voraussetzung drüc
charakteristische Eigenschaft der denkbar vollkommenste
henden Schwingungen aus, die nämlich, daſs zwische
schwingenden Flüssigkeitstheilchen ein relatives (ein abs
würde vollkommene Ruhe erzeugen) Gleichgewicht statt

... das vollkommenste, welches neben ihrer Schwingung ... laſst. Diese Bedingung ist zwar nicht vollkom-... reichbar, doch kann man sich ihr in gewissem Grade ...

... Gebrüder Weber prüfen noch zwei specielle Lehr-... genannten Theorie. Nach Gerstner nehmen die ... der Bahnen der Wassertheilchen, die senkrecht ... einander liegen, in einer geometrischen Reihe ab, wenn ... Tiefen in einer arithmetischen Reihe wachsen. Die Ver-... ergaben einen Unterschied zwischen den Abnahmen der ... und der horizontalen Durchmesser jener Bahnen, und ... der Art, daſs die ersteren weit schneller abnahmen, ... letzteren, indem noch in beträchtlicher Tiefe Bewegun-..., so weit die Beobachtung reicht, anscheinend bloſs ... Richtung statt ſanden. In dieser Beziehung ... Gerstner und Poisson nicht überein, indem jener ... Meinung huldigt, wonach die Taucher in verhält-... geringer Tiefe keine Bewegungen wahrnehmen, dieser ... dasjenige bestätigt, was Bremontier und Coudraye ... haben, daſs die Wellenbewegungen sich bis zu sehr ... Tiefen erstrecken. Die nach Weber's Versuchen in ... Tiefe statt ſindenden horizontalen Bewegungen ... nach Poisson gegenseitig auf, wenn die Wellen-... über die ganze Oberfläche regelmäſsig verbreitet ist, ... Fall hat Gerstner betrachtet, weswegen nach ... Theorie die Durchmesser der Bahnen der Wassertheil-..., die sämmtlich kreisförmig sind, mit der Tiefe schnell .... Nach Weber's Versuchen sind diese sämmtlichen ... elliptisch, nähern sich aber oben der Kreisform. Be-... jedoch die Abnahme der Durchmesser dieser Bahnen ... die senkrechten, so stimmt das aus der Erfahrung ... Verhalten sehr genau mit dem durch Gerstner ... geſundenen überein.

44) Die hier gerügten Mängel dieser Theorie, sofern sie ... vollständige gelten soll, hat schon früher Brandes[1]

[1] Die Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung flüssiger ..., dargestellt von L. Euler. Uebers. mit einigen Anm. und Zu-... von H. W. Brandes. Leipz. 1806. S. 223. Vergl. G. XXXIV.

Digitized by Google

hervorgehoben. Dasjenige, sagt er, worüber dieselbe Auskunft giebt, ist das Fortlaufen der Welle über die fläche des Wassers und die Abhängigkeit der Wellen gung von der Tiefe des Gewässers. Rücksichtlich des ren Gegenstandes giebt die Theorie an, daſs die tiefer den Cykloiden zwar immer flacher werden, aber erst in unendlichen Tiefe sich in gerade Horizontallinien verw und daher könnten über einem horizontalen Boden nur len entstehn, deren Höhe gegen die Tiefe des Wasse endlich klein wäre. Man sieht daher zwar, daſs hohe nur auf sehr tiefen Gewässern statt finden könnten, ab das Gesetz, wie Höhe der Wellen und Tiefe des Wass einander abhängen, fragt man die Theorie vergebens. Das angegebene Gesetz findet in der Natur wahrscheinlich statt, denn die Störung des Gleichgewichts, welche Wel zeugt, ist ursprünglich meistens nur an der Oberfläche sam, wogegen diese Theorie zu verlangen scheint, d nach einem bestimmten Gesetze auch in der Tiefe noch Das Fortlaufen der Wellen streitet mit der Theorie nicht diese besteht allerdings auch dann, wenn die ganze W masse mit einerlei Geschwindigkeit horizontal fortgeführt wodurch aber diese Bewegung hervorgebracht werde, giebt die Theorie keine genügende Auskunft.

g) Poisson's Theorie.

45) Eine kurze Uebersicht des Calcüls zu geben, m dessen Poisson[1] zu den von ihm gefundenen Resultaten g ist, dürfte nicht wohl ausführbar seyn; den Gang des aber deutlich zu machen dürfte mehr Raum erfordern, als hier verwandt werden kann. Zudem sind die Thatsachen, die Wellenbewegung beruht, durch die Gebrüder Wer groſser Vollständigkeit aufgefunden worden; es komm darauf an, diese auf die allgemeinen Bewegungsgesetze die Gewalt der Analyse zurückzuführen. Es wird daher gen, die von ihm erhaltenen Hauptresultate kurz anzugeb

Poisson erwähnt die früheren Untersuchungen von

1 Mém. de l'Acad. des Sc. de Paris. 1816. p. 71 bis 186. S Note in Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 571.

Digitized by Google

s, Laplace und Lagrange, und es scheint, als habe er die Bewegung der Wassertheilchen beim Entstehen der [Well]en durch Eintauchen von Körpern in Wasser mit ruhiger [Ober]fläche beobachtet, um auf diese Beobachtungen die Gesetze [der] Wellenbewegung zurückzuführen. Die Aufgabe wird von [...]n groſser Allgemeinheit aufgefaſst. Die Bewegungen der [Wass]ertheilchen, worauf die Wellenbewegung beruht, können [nich]t plötzlich aufhören, wenn sie gleich mit der Tieſe abneh[men]; wollte man aber auch annehmen, daſs die Tiefe, bei [welch]er sie unmerklich werden, sehr gering sey, so können [sie] doch nicht, wie man voraussetzt, aus der Geschwindigkeit [der] Oberfläche abgeleitet werden. Um einen Anhaltpunct [zu] haben, mögen die Tiefe und die übrigen Dimensionen der [Flüss]igkeit als unendlich oder mindestens so groſs angenommen [wer]den, daſs sie auf die Bewegung der Wassertheilchen keinen [Einflu]ſs äuſsern. Ferner wird vorausgesetzt, daſs die gesammte [Wass]ermasse ursprünglich ruhe, dann irgend ein Körper in sie [getau]cht und abgewartet werde, bis die Ruhe wieder herge[stell]t worden ist, worauf sofort durch plötzliches Herausziehn [dess]en um diesen Punct Wellen entstehn, die sich nach allen [Seite]n hin ausbreiten und deren Fortgang dann Gegenstand der [Betr]achtung wird. Wenn auf diese Weise die Tiefe der Flüs[sig]keit unberücksichtigt bleibt, so kommen bei der Aufgabe bloſs [di]e Dimensionen des eingetauchten Körpers und der von einem [fall]enden Körper in einer gegebenen Zeit durchlaufene Raum [als] gegebene Gröſsen in Betrachtung. Ist dann ferner die Ge[schw]indigkeit der Wellen von den Dimensionen des sie er[zeug]enden eingetauchten Körpers unabhängig, so muſs der von [ihne]n in einer gegebenen Zeit durchlaufene Raum demjenigen [glei]ch seyn, welchen ein fallender Körper in derselben zurück[legt], multiplicirt mit einer von jeder Zeit und Richtung unab[hän]gigen Gröſse, und ihre Bewegung wird also der eines fal[lend]en Körpers gleich seyn, dessen Beschleunigung ein Viel[fach]es oder ein Bruchtheil der durch die Schwere erzeugten ist. [Wen]n dagegen die Bewegung der Wellen eine gleichbleibende [ist], so muſs sie von der ursprünglichen Erregung abhängen, [so] daſs der in einer gegebenen Zeit durchlaufene Raum die [mittl]ere Proportionale zwischen zwei Linien ist, deren eine [sic]h den freien Fall eines schweren Körpers, die andere [als F]unction der Dimensionen des eingetauchten Körpers gege-

Digitized by Google

ben ist. Es könnte auch die Wellenbewegung ei schleunigte seyn und die Beschleunigung von den Di nen des eingetauchten Körpers abhängen. Der Calc entscheiden, welche von diesen Voraussetzungen die ist; allein man ersieht schon im voraus, daſs die eine andere sich mit den Resultaten der analytischen Mechar vereinigen lassen.

So weit waren die Untersuchungen gediehn, als die Lösung des interessanten Problems unternahm, die wohl wegen ihrer Einfachheit als auch ihrer Schärfe be Am Ende des Jahres 1815 machte er seine erste u nachher seine zweite Abhandlung bekannt, bearbeit seitdem die Aufgabe weiter, besonders in Beziehung auf ticale Bewegung der Wassertheilchen. Bekannt waren gleich die Versuche, welche Biot anstellte, indem er v den gestaltete Körper, auch Kegel oder Cylinder, ei wobei er fand, daſs die Geschwindigkeit der Welle von der Figur der eingetauchten Körper, noch von der T Einsenkens abhängig sey, wohl aber vom Halbmess Durchschnittes im Spiegel des Wassers, was mit den ten der Rechnungen Poisson's übereinstimmt, wona Geschwindigkeit der Quadratwurzel dieses Halbmessers tional ist. Die verticalen Bewegungen der Flüssigkeitst wodurch die Erscheinung der auf der Oberfläche der keiten hingleitenden Wellen erzeugt wird, nehmen a ab, so wie man sich weiter vom Puncte der ursprü Erschütterung entfernt, und zwar ist ihr Umfang den C wurzeln ihrer Abstände von diesem Puncte umgekehrt tional, wenn das Wasser sich in einem Canale von gl bender Breite befindet, diesen Abständen selbst aber un proportional, wenn die Wasserfläche allseitig unbegr und die Wellen sich um einen gemeinschaftlichen A punct ausbreiten. Die Räume, welche die Wassertheil Innern der Flüssigkeit unter dem Puncte der ursprü Erschütterung zur Erzeugung der Wellen durchlaufen, schneller ab, und zwar im einfachen oder quadratisch hältniſs des Abstandes, je nachdem das Wasser in ein geschlossenen Canale enthalten ist oder nicht, wonach Wellenbewegung sich viel weiter in horizontaler, als i caler Richtung verbreitet. Poisson bemerkt, daſs die

Digitized by Google

, welches aus seiner Analyse folge, mit dem beobachteten gange der Wellenbewegung bis zu beträchtlicher Tiefe wegs im Widerspruch stehe, was sich übrigens leicht aus hr groſsen horizontalen Entfernung ermessen läſst, bis i die Wellen fortgepflanzt werden. Der Wunsch, wel- Poisson bei dieser Gelegenheit ausspricht, daſs diese Auf- einmal auf dem Wege der Erfahrung aufgeklärt werden , ist unterdeſs durch die schätzbaren Bemühungen der Ge- Weber in Erfüllung gegangen.

ɛ ist sehr interessant, den Gang kennen zu lernen, wel- Poisson verfolgt, um die verschiedenen Wellenbewegun- s einfachen mechanischen Principien abzuleiten, noch ter aber ist es, diese Untersuchungen mit der Beur- g derselben von den Gebrüdern Weber und mit ihrer g der auf diese Weise theoretisch entwickelten Resultate geeignete Versuche zu vergleichen; allein dieses würde i viel Raum erfordern, und wir müssen daher auf die benen Quellen verweisen. Plana[1] hat es der Mühe gefunden, der Abhandlung des französischen Geometers ihe von Bemerkungen hinzuzufügen, die sich jedoch bloſs auf ikil beziehn, hauptsächlich auf die gewählten Methoden egration. Da sich dieses aber zu weit von dem hier gnden Zwecke entfernt, so genügt eine bloſse Anzeige r gleichfalls schätzbaren Abhandlung.

6) Bidone[2] sah sich durch die vortrefflichen hydrody- hen Vorrichtungen zu Turin in den Stand gesetzt, die Poisson gefundenen theoretischen Resultate auf dem der Erfahrung zu prüfen. Vorzugsweise war erforder- lie durch Poisson festgesetzten Bedingungen genau inne ten. Diese sind zuerst, daſs ein Körper von gegebener t nur bis zu geringer Tiefe eingetaucht werde, damit die sein Herausziehn erzeugten Wellenbewegungen sich nur geringer Tiefe erstrecken, und zweitens, daſs das Was- ch dem Eintauchen und vor dem schnellen Herausziehn ieder zur Ruhe komme, damit nicht verschiedenartige Be- gen zusammenfallen, vielmehr die Wellenbewegung als

---

1 Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino. T. XXV. 820. p. 113.

2 Ebendaselbst. p. 84.

Digitized by Google

durch die Schwere allein erzeugt zu betrachten ſey. Es
als lieſsen ſich dieſe Bedingungen leicht erfüllen, ſofern
Dimenſionen des bis zu geringer Tiefe eingetauchten
ohne Schwierigkeiten genau meſsen laſsen und die R
dem ſchnellen Herausziehn vollſtändig hergeſtellt werd
Inzwiſchen ſtellt ſich ein unvermeidliches Hinderniſs e
indem der ſchnell herausgezogene Körper eine Wa
nach ſich zieht, die ſich über das Niveau zu einer g
Höhe erhebt, als geſchehn würde, wenn eine bloſse V
durch die Wirkung der Schwere ausgefüllt würde. D
che hiervon ſoll theils in dem Einfluſse des Luftdruc
gen, welcher durch das ſchnelle Aufheben des einge
Körpers verändert wird, theils in der Adhäſion des
an dieſen Körper, wobei Bidone der erſteren (wohl
recht) den gröſsten Einfluſs beimiſst. Um über die
emporgehobene Waſserſäule richtigere Beſtimmungen z
ten, wurde die Höhe derſelben ſo annähernd genau, w
geſchehn konnte, gemeſsen, indem ein Gehülfe die
Drehbank verfertigten und polirten Körper mit der vo
quem ruhenden Hand ſo ſchnell wie möglich emporhob.
die Reſultate der einzelnen Verſuche hier mitzutheilen,
genügen, zu bemerken, daſs, bekannten Erfahrungen gem
trächtliche Waſserkegel und Säulen in die Höhe ſtiegen
Höhe dann am gröſsten war, wenn die auch noch ſo
eingetauchten Körper eine ebene Bodenfläche und einen
Flächendurchſchnitt im Waſserſpiegel hatten, ohne nac
hin verjüngt zu ſeyn. Man erſieht hieraus, wie weit
licher die Methoden der Wellenerregung waren, wel
Gebrüder Weber bei ihren Verſuchen wählten. Inz
bemerkte Bidone bald, daſs durch das bloſse Herauszi
eingetauchten Körpers Wellen erzeugt wurden, auf wel
wieder herabfallende Waſsermaſse nur ſtörend einwirkt
ſich oft in einzelne Theile zerſtreute, ſo daſs dieſe na
ander in ſo viel längerer Zeit herabfielen, je höher die
emporgehoben war. Iſt die Figur des eingetauchten un
wieder herausgezogenen Körpers eine regelmäſsige, als
ner Kugel oder eines Paraboloids u. ſ. w., und geſchi
Herausziehn langſam ohne Abſätze, ſo entſtehn die
erſt in dem Augenblicke, wenn die Trennung des Körpe
Waſser erfolgt, wird er aber in ſtoſsweiſen Abſätzen h

Digitized by Google

gen, so erzeugt jeder Zug Wellen, die störend auf einander einwirken. Aehnliche Erscheinungen zeigen sich, wenn man einen Körper eintaucht. Wellen entstehn im Augenblicke der Berührung der Waſserfläche durch den eingetauchten Körper; geschieht das Einsenken in langsam unterbrochenen Absätzen, so entstehn durch jede eingetauchte Zone Wellen, geschieht es dagegen schneller, so gehören die entstandenen Wellen der letzten eingetauchten Zone an. Inzwischen wurden die folgenden Versuche auf die Weise angestellt, welche Poisson voraussetzt, nämlich durch Eintauchen eines Körpers, Abwarten der wiederhergestellten Ruhe und dann schnelles Herausziehen desselben; die Zeiten wurden mit einer genauen Tertienuhr gemessen, mittelst deren sich Drittel und Viertel einer Secunde bestimmen lieſsen.

4) Zur Erforschung des Fortganges der Wellen auf der Oberfläche des Waſsers diente ein ausgemauerter Canal mit horizontalem Boden und verticalen Seitenwandungen, beide eben geputzt; die überall gleiche Breite betrug 24 Par. Zoll. Die Erregung der Wellen geschah durch das Eintauchen und schnelle Herausziehn von parallel mit ihrer Axe geschnittenen Segmenten gerader Cylinder, die aus polirtem Holze verfertigt und so eingetaucht wurden, daſs sie kaum über den Waſserspiegel hervorragten. Die Mitte des Segments nach seiner Längenaxe befand sich hierbei ungefähr in derjenigen verticalen Ebene, welche den Canal halbirte; die übrigen Dimensionen, welche bei den einzelnen Versuchen verschieden waren, sind besonders angegeben. Beobachtet wurde nur die erste und die zweite Welle, für welche Poisson's Ausdruck gilt, nämlich für die erste

$$x = \frac{gt^2}{2}(0{,}3253), \text{ also } t = \sqrt{(0{,}2036).x},$$

für die zweite

$$x = \frac{gt^2}{2}(0{,}1183), \text{ also } t = \sqrt{(0{,}5599)\,x},$$

wenn g = 30,1958 Fuſs angenommen wird und x den Raum bezeichnet, welchen die Welle auf der Oberfläche des Waſsers, vom Centrum des Eintauchens an gerechnet, in der Zeit t zurücklegt. Da der Waſsercanal stets derselbe war, so genügt es, die Tiefe des darin enthaltenen Waſsers anzugeben. Um Störung zu vermeiden, wurden nicht die erste und zweite

Digitized by Google

Welle bei der nämlichen Erregung derselben beobachte
dern in einer Reihe von Beobachtungen bloſs die ers
in einer nachfolgenden unter ganz gleichen Bedingu
zweiten, wenn sie in der nämlichen Entfernung a
men waren, wo man die ersten beobachtet hatte. Die
den Tabellen enthalten die durch Versuche und durc
nungen gefundenen Resultate.

1) Die Länge des eingetauchten Segments betrug seine Chorde 8 Zoll, die Tiefe des Eintauchens 7 Lin

Wassertiefe	Entfer-nung	Zeit der ersten Welle		Zeit der z Well	
		beobachtet	berechnet	beobacht.	b
24 Z. 5 Lin.	6 Fuſs	1,06 Sec.	1,11 Sec.	1,73 Sec.	1,
24 Z. 5 Lin.	12 —	1,62 —	1,56 —	2,44 —	2,
24 Z. 5 Lin.	18 —	2,10 —	1,91 —	3,33 —	3,

In 18 Fuſs Abstand vom Puncte des Eintauchens war erzeugte Welle nur mit Mühe sichtbar.

2) Die Länge des eingetauchten Segments betrug seine Chorde 11 Z. 8 L., die Tiefe des Eintauchens 6

Wassertiefe	Entfer-nung	Zeit der ersten Welle		Zeit der z Well	
		beobacht.	berechnet	beobacht.	b
20 Z. 6 Lin.	12 Fuſs	1,56 Sec.	1,56 Sec.	2,67 Sec.	2,
23 Z. 3 Lin.	18 —	2,00 —	1,91 —	3,17 —	3,
24 Z. 8 Lin.	24 —	2,37 —	2,21 —	3,75 —	3,

3) Die Länge des eingetauchten Segments war seine Chorde 7 Z. 5 Lin., die Tiefe des Eintauchens

Wassertiefe	Entfer-nung	Zeit der ersten Welle		Zeit der z Well	
		beobacht.	berechnet	beobacht.	be
23 Zoll	6 Fuſs	1,00 Sec.	1,11 Sec.	1,75 Sec.	1,
23 —	12 —	1,75 —	1,56 —	2,50 —	2,

Die Uebereinstimmung der beobachteten und berechneten

genau, wie sie unter den Umständen nur seyn konnte, ondere wenn man berücksichtigt, daſs die Genauigkeit der timmung 0,25 Sec. kaum erreichte und der Wellenberg l, als auch das Wellenthal bei ihrer Ankunft so schwer länglicher Schärfe wahrnehmbar waren. Die einzelnen benen Gröſsen sind daher nicht aus einem einzigen Ver- ntnommen, sondern geben das Mittel aus drei und mehr tungen.

) Die Vorrichtung gestattete, die Bewegung der Wellen Oberfläche des Wassers auch dann zu beobachten, wenn sser selbst sich gleichförmig und zwar in entgegenge- Richtung bewegte. Die Bewegung der gesammten Was- s im Canale betrug 12 Fuſs in 39 Secunden, und die g bloſs der zweiten Welle gab folgende Resultate. Die des eingetauchten Cylindersegments war 23 Z., dessen 11 Z. 8 Lin., die Tiefe des Eintauchens 6 Lin., die s Wassers 23 Z. 6 Lin., der durchlauſene Raum 12 und dann betrug die gemessene Zeit 2,69 Sec., die be- aber, für die eigene Bewegung des Wassers corrigirt, c. Die Correction erhält man ganz einfach, wenn man Formel statt 12 Fuſs vielmehr 12,8277 Fuſs setzt, da sser sich während der Dauer des Wellenfortganges um Fuſs in entgegengesetzter Richtung bewegte.

Ia der eingetauchte Cylinder nicht gröſser, als der bei ählten Versuchen in Anwendung gebrachte, so konn- ersten und zweiten Wellen nicht wohl in gröſseren ngen, als den erwähnten, wahrgenommen werden, und r die Messungen bei noch gröſseren Abständen vorzu- , wählte Bidone ein gröſseres Cylindersegment, womit gelang, die ersten und zweiten Wellen bis auf 30 und 2 Fuſs Abstand vom Erregungsmittelpuncte noch zu ten; allein hierbei wurden die Unterschiede zwischen bachteten und den berechneten Werthen bedeutend grö- he Dimensionen des Segmentes waren 23 Z. Länge, 16 Lin. Breite oder Chorde, Tiefe des Einsenkens 1 Z. n., und es wurden bloſs die zweiten Wellen beobach- ie Vergleichung giebt aus wiederholten Versuchen im

Wassertiefe	Entfernung	Zeit der zweiten Welle beobachtet	berechnet	Unte[r]
24 Z. 7 Lin.	30 Fuſs	4,17 Sec.	4,10 Sec.	—
24 — 4 —	30 —	4,61 —	4,10 —	—
24 — 4 —	42 —	6,20 —	4,85 —	—
24 — 9 —	42 —	6,25 —	4,85 —	—
24 — 3 —	42 —	6,31 —	4,85 —	—

Da die Versuche mehrmals und an verschiedenen Tag[en] derholt wurden, so ist die Abweichung bei der weiter[en] fernung viel zu groſs, als daſs sie aus Beobachtungsfeh[lern] zuleiten wäre, es müssen daher Bedingungen obwalten, Calcül nicht berücksichtigt sind und vielleicht bei k[leinen] Entfernungen nicht eben merklichen Einfluſs äuſsern.

48) Bidone stellte auch eine Reihe von Versuchen auszumitteln, wie hoch sich die erzeugten Wellen na[ch] bestimmten Zeit und in einer gegebenen Entfernung vo[m] telpuncte der Erzeugung erheben. Hierbei bediente er nes Segmentes von 23 Z. Länge, 11 Z. 8 Lin. Chord[e] Lin. Einsenkung, und erhielt dann folgende Resultate i[m] aus mehreren Versuchen:

Wassertiefe	Entfernung	Zeit	Höhe
24 Z. 6 Lin.	12 Fuſs	4 Sec.	1,5 Lin.
24 Z. 5 Lin.	12 Fuſs	6 Sec.	2 Lin.

Hiernach erhielten also die Wellen unter den angegebe[nen Be]dingungen in der genannten Zeit zum ersten Male die ge[nannte] Höhe. Eine Vergleichung dieser Resultate mit den[en] Poisson's hält Bidone nicht wohl für möglich, da di[e ge]gebenen Formeln sich hierzu nicht eben eignen.

Die beschriebenen Vorrichtungen waren nicht seh[r geeig]net, die Tiefe zu bestimmen, bis zu welcher die Wa[sser]chen in Bewegung gesetzt werden, denn namentlich [war die] Tiefe des Canales zu gering gegen seine übrigen Di[mensio]nen; inzwischen stellte er dennoch einige hierauf be[zügliche] Versuche an und überzeugte sich dadurch bald, daſs j[ene Be]wegungen sich allerdings bis zu bedeutenden Tiefen er[strecken].

Digitized by Google

49) Noch verdient das Resultat einer Versuchsreihe erwähnt
rerden, wozu sich die benutzte Vorrichtung ausnehmend
te. Der beschriebene ausgemauerte Canal hatte am einen
ein gröſseres und tieferes Bassin B, welches mittelst ei- Fig.
chleuse CD, die in Nuten sehr genau beweglich war, vom 121.
e abgeschlossen werden konnte. Wurde diese Schleuse bis
nen gewissen Abstand herabgelassen, so verbreiteten sich
n Canale erzeugten Wellen auch bis in das Bassin und
berfläche AE gerieth in sichtbare Bewegung durch die
ler folgenden und von den Wandungen zurückgeworfenen
n. Auf gleiche Weise, wie im Canale, ging auch im
i die erste und zweite Welle, durch das Herausziehen des
nts erzeugt, mit ihrem Thale voran, ihr Erscheinen war
so deutlich, daſs sich die Zeit ihrer Ankunft im Puncte A
bestimmen lieſs. Bei den Versuchen war die Länge des
echten Segments 23 Z., die Breite oder Chorde 11 Z. 8
nd die Tiefe des Eintauchens 6 Lin.; die Wassertiefe
21 Z. 8 Lin., der Abstand der Schleuse vom Mittel-
der Eintauchung 3 Fuſs, die Oeffnung unter D 1 Zoll,
stand des Punctes A von der Schleuse 1 Fuſs 6 Z., und dann
it der Ankunft der ersten Welle in A 2 Secunden. Wäre
chleuse nicht vorhanden gewesen, so muſste die Welle
ganzen Raum von S bis A, welcher im Ganzen 4 Fuſs 6
beträgt, in 0,96 Sec. zurücklegen. Das hier mitgetheilte
tat kann als Ergänzung derjenigen dienen, welche die Ge-
Weber durch ihre Versuche (§. 20) gefunden haben.

0) Bidone erwähnt noch seine Versuche über die Ver-
g der Wellen auf einer unbegrenzten Flüssigkeitsfläche.
beobachtete er bloſs die zweite Welle, für deren Be-
g von Poisson die Formel

$$r = \frac{g t^2}{2} (0,1289)$$

llt worden ist. Wird hierin der Par. Fuſs als Einheit
mmen, so erhält man

$$t = \sqrt{(0,5138)\, r},$$

r den Abstand bezeichnet, bis wohin die Welle vom
uncte der Erregung an in der Zeit t gelangt. In zwei
hsreihen diente zum Eintauchen bei der ersten ein Ku-
ent, dessen Schnittfläche 2 Zoll 1 Lin. im Durchmesser

Digitized by Google

und dessen Höhe 2,25 Lin. betrug, bei der zweiten ei ches, wobei der Durchmesser der Schnittfläche 3 Z. 6,7 und die Höhe 9 Lin. ausmachte. Die erhaltenen Resulta folgende:

Vers.	Wassertiefe	Entfernung	Zeit der zweiten We beobacht.	berechnet	Un
1	16 Z. 8 Lin.	2 Fuſs	1 Sec.	1,01 Sec.	+ 0
2	24 Z. 3 Lin.	2 Fuſs	1 Sec.	1,01 Sec.	+ 0

Die Unterschiede sind so gering, daſs sie unzweifell Beobachtungsfehler gelten können oder vielmehr in den zen derselben verschwinden. Man übersieht aber bal Bidone auch nicht durchaus verkennt, daſs die Frage angegebene Weise nicht eigentlich beantwortet werden denn da die Versuche anscheinend in dem beschriebener angestellt wurden, sofern man dieses aus dem gänzlichen jeder weiteren Bestimmung hierüber schlieſsen muſs, so die Wasserfläche nicht für unbegrenzt gelten; sicher wohl, daſs die Gröſse derselben für unendlich groſs i hältniſs zu der kurzen Strecke von 2 Fuſs genommen Es dürfte hiernach die eigentliche Frage durch diese ' als gar nicht beantwortet erscheinen.

Die erzählten Versuche boten noch einige Ersch dar, welche hier gleichfalls erwähnt zu werden v Wenn die Wellen dadurch entstanden, daſs dreieckig dratische oder länglich ellipsoidische Scheiben mit ihre dem Wasserspiegel parallel entweder auf das Wasser g oder bis nahe zu ihrer Oberfläche eingetaucht und n Eintauchen in die Höhe gehoben wurden, jederzeit den hergestellten ruhigen Stand der Flüssigkeit vorausges hatten die hierdurch erzeugten, sich kräuselnd ausb Wellen in der Umgebung der Scheiben eine der Form teren entsprechende Gestalt. Die hierbei angewandte, Stiele befestigte, gleichseitig dreieckige Scheibe hatte Lin., die vierkantige quadratische 9 Z. 6 Lin. Seite, elliptischen aber betrug die groſse Axe 18 Z. 6 Lin., d 7 Zoll. Verfolgte das Auge die im geringen Abstande Scheiben erzeugten Wellen, so zeigten sich die durch

g Scheibe erzeugten gleichfalls dreieckig, jedoch in der
daſs den spitzen Kanten der Scheibe die Seiten der Wel-
genau gegenüber standen; ebenso war die quadratische
be von quadratischen Wellen umgeben, welche den Spiz-
ie Seiten zukehrten, die elliptische Scheibe aber erzeugte
 mige Wellen.

h) Cauchy's Theorie.

) Für das Jahr 1815 gab das französische Institut fol-
 Preisfrage auf: *Une masse fluide pesante, primitive-
 n repos et d'une profondeur indéfinie, a été mise en
 ment par l'effet d'une cause donnée. On demande, au
 un temps déterminé, la forme de la surface extérieure
 ide, et la vitesse de chacune des molécules situées à
 même surface.* Hierin ist allerdings die Theorie der
 n, sogar wohl der stehenden und der fortschreitenden, ent-
 ; sofern sich aber die eigentliche Frage zunächst auf die
 der Oberfläche und die Geschwindigkeit der in dieser
 ichen Wassertheilchen bezieht, ist nicht gefordert, die
 ung der tiefer liegenden Wassertheilchen, die in Bezie-
 auf die Wellen von so groſser Bedeutung ist, mit in den
 h der Untersuchung zu ziehn. Den Preis erhielt eine
 dlung von Cauchy[1], welche in Beziehung auf tiefe
 nis und Fertigkeit im höheren Calcül unter die vorzüg-
 n Erzeugnisse in diesem Gebiete gehört. Hierin ist al-
 s die Aufgabe in gröſster Allgemeinheit behandelt, indem
 bloſs der Zustand der Oberfläche, sondern der ganzen
 n Masse für jede gegebene Zeit bestimmt wird. Zuerst
 n daher die bewegenden Ursachen in Betrachtung, deren
 angenommen werden, die eine, wenn ein Theil der Flüs-
 durch irgend eine Ursache gehoben oder niedergedrückt
 nn sich selbst überlassen wird, die andere, wenn durch
 einen Körper die Wassermasse an einer beliebigen Stelle
 Stoſs erhält. Beide wirkende Ursachen können auch ge-
 aftlich wirken und die Bewegung der Wassertheilchen wird
 ehr verwickelt; entfernt man sich aber weiter von dem

1 Mémoires présentés par divers savants à l'Acad. cet. Sciences
et phys. T. I. Par. 1827. p. 1 cet.

Digitized by Google

Puncte der Wellenerzeugung, so nimmt sie an Regelmä
zu. Die Entfernung, bei welcher dieses eintritt, ist so v
ringer, je weniger ausgedehnt der Theil der Oberfläc
welcher den bewegenden Ursachen unterliegt. Hiernacl
am geeignetsten, denjenigen Fall speciell herauszuheb
welchem die Wellenhöhen und die Anfangsgeschwindi
der Wassertheilchen sehr klein sind.

Cauchy zerfällt seine gelehrte Abhandlung, welch
zahlreiche Noten hauptsächlich zur weiteren Erläuteru
Calcüls hinzugefügt sind, in drei Abtheilungen. In de
zeigt er, wie bei der Kenntniſs der Gestalt der Oberfla
Wassers und der Kräfte, welche auf diese wirken, die
Gleichungen entwickelt werden, welche den anfänglich
stand der Flüssigkeiten ausdrücken; in der zweiten gieb
Gleichungen, welche für irgend eine Zeit der Bewegu
Zustand der flüssigen Masse und ihrer Oberfläche beze
in der dritten endlich entwickelt er die allgemeinen G
welche aus den in der zweiten gegebenen Formeln herv
und bestimmt den numerischen Werth der Constanten,
in den Ausdrücken dieser Gesetze enthalten sind. Hie
indeſs die Aufgabe in solcher Allgemeinheit aufgefaſst, c
Aufnahme der vielseitigsten Bedingungen zu sehr verwi
Gleichungen führt, welche des Verständnisses wegen unv
mitgetheilt werden müſsten. Da inzwischen die Versuc
Gebrüder Weber eine genauere Kenntniſs der Wellen g
haben, so kann eine solche Mittheilung dem bereits ei
Erkannten wenig oder gar nichts neues hinzusetzen, u
beiden ersten Abtheilungen fallen sonach von selbst we
dritte dagegen enthält einige numerische Bestimmungen,
sofern interessant sind, als sie sich mit denjenigen verg
lassen, die durch die Erfahrung gefunden wurden. So
sich unter andern die Folgerung heraus, daſs die Geschw
keit der Wassertheilchen für alle Puncte, welche gleiche
stand vom Ursprunge der Welle haben, gleich ist u
Verhältniſs der Quadrate des Abstandes abnimmt, so c
in gröſseren Entfernungen verschwindet; daſs ihre Ri
endlich mit einer vom Anfangspuncte der Coordinaten g
nen Linie einen Winkel bildet, welcher demjenigen glei
den diese mit der Verticale bildet; sie ist also vertical f
Puncte der verticalen Axe y und horizontal in allen P

Linie, welche vom Anfangspuncte der Coordinaten ge- eine Neigung von 45° mit dieser hat; endlich ist sie al, aber abwärts gehend für alle Puncte in der Ober-

AUCHY unterscheidet die Geschwindigkeit der Wellen diejenige, womit ihre Gipfel sich bewegen, von der Ge- digkeit der sie bildenden Wassertheilchen in der Ober- des Wassers; die erstere wächst beständig, die letztere sehr enge Grenzen eingeschlossen. Die Bewegung des gipfels ist nicht gleichförmig, wie LAGRANGE gefunden sondern regelmäſsig beschleunigt, und wächst wie die ate des Abstandes vom Ursprunge. Im Allgemeinen gel- ür die Bewegung der Wellen folgende Gesetze:

1) Die Geschwindigkeit jeder Welle ist unabhängig von leinen Quantität Flüssigkeit, welche beim Ursprunge der ung gehoben oder herabgedrückt wird, und von der ung der Oberfläche dieser Quantität; sie ist nicht gleich- ig, sondern der Zeit proportional. Daher wachsen die der Welle durchlaufenen Räume und die Abstände zweier lgenden Wellen wie die Quadrate der Zeiten.

2) Während eine Welle sich vom Puncte ihres Ursprun- n Räume entfernt, die den Quadraten der Zeiten propor- nd, nehmen ihre Höhen in einem gleichen Verhältnisse Hiernach muſs also jede fortschreitende Welle dasjenige ite gewinnen, was sie an Höhe verliert, mithin die ihr rige Wassermasse constant bleiben. Diesemnach folgt zugleich, daſs sie in einer nicht sehr langen Zeit sich er und unmerkbar wird. Hieraus läſst sich schlieſsen, wenn man in Gemäſsheit der Construction der verschie- Werthe der Ordinaten die begrenzende Curve einer für eine gegebene Zeit gezeichnet hat, es genügt, die der Höhe in einem gegebenen Verhältnisse abnehmend die der Breite in dem nämlichen zunehmend zu setzen, ch einer willkürlichen Zeit die Gestalt der Welle dar- len.

3) Die Höhe der Welle, so wie ihre Geschwindigkeit, abhängig von der Krümmung der Oberfläche, welche die- Wassermasse begrenzt, die im Anfange der Bewegung en oder niedergedrückt wurde, wohl aber ist sie abhängig Volumen dieser Wassermasse und wächst diesem propor-

Digitized by Google

tional, so daſs für gleiche Volumina, wenn gleich von ver dener Form, doch die Höhen der Wellen die nämlicher würden. Da dieses Gesetz vom Zeichen der hier betrac Mengen ganz unabhängig ist, so folgt hieraus, daſs es s für die Wellenthäler als auch die Wellenberge gilt, je dem die fragliche Wassermenge herabgedrückt oder em| hoben war. Wenn endlich im ersten Augenblicke von zwe ander nahe liegenden Wassermengen die eine gehoben, d dere niedergedrückt wurde, so genügt es, nur den Unte ihrer Volumina zu beachten, und die Bewegung würde unmerklich werden, wenn beide gleich waren.

4) Bei gleichen Abständen vom Centrum der Bev nach beiden Seiten hin sind die Höhen und Geschwindi der Wellen einander gleich.

Bezeichnet man durch $g t^2$ den doppelten Raum, w ein frei fallender Körper in einer gegebenen Zeit t zurü so giebt $x : g t^2$ das Verhältniſs der Geschwindigkeit der len zu der eines frei fallenden Körpers[1]. Cauchy setz $\frac{x}{g t^2} = \frac{1}{k}$, und findet aus seinen Formeln $\frac{1}{k} = \frac{2}{(4n-3)\pi}$ π die bekannte Ludolph'sche Zahl und n die Zahl der ei folgenden Wellen bezeichnet, für die ersten 10 Welle gende Verhältniſszahlen ihrer Geschwindigkeit zu der ein fallenden Körpers:

1ste	Welle	0,325	6te	Welle	0,030
2te	—	0,120	7-	—	0,025
3-	—	0,069	8-	—	0,022
4-	—	0,048	9-	—	0,019
5-	—	0,037	10-	—	0,017.

In Beziehung auf verschiedene andere, in dieser tiefgel Abhandlung erörterte Bedingungen bei der Erzeugung un Fortgange der Wellen muſs ich auf diese selbst verweise

1 Hiermit verdient Poisson's Ausdruck §. 47 verglichen zu

Digitized by Google

Weltall.

eltgebäude, Universum; *Mundus, Sy-mundi s. cosmicum, Fabrica mundi;* Monde nivers; *the World, the Universe.*

nnt man den Inbegriff aller Weltkörper, besonders ischen im Groſsen, mit Einschluſs unserer Erde und seres Sonnensystems[1], welches letztere nur einen klei-el der Gestirnsysteme macht, aus welchen das *Weltall* ngesetzt ist. Man nimmt dabei mit hoher Wahr-keit an, daſs jeder Fixstern ein unserer Sonne im ein ähnlicher, selbstleuchtender Körper sey, um ich ebenfalls mehrere dunkle Körper, Planeten, Ko-. s. w., bewegen, die von ihrem Centralkörper, wie die von unserer Sonne, Licht und Wärme erhalten, so zu jedem Fixsterne ein eigenes Sonnensystem gehört. ngt sich demnach zuerst die Frage auf, wie groſs die ieser Systeme sey.

A. Anzahl der Fixsterne.

n ist über die Zahl der Fixsterne verschiedene Hypo-gestellt, die aber alle ganz willkürlich und unsicher sind. ten[2] wurde eine dieser Hypothesen angeführt, die sich gleiche Gröſse und gleiche Vertheilung der Fixsterne nahme gründet und worüber Kaestner[3] geometrische hungen angestellt hat. Eine andere Hypothese von s. d. ä. findet sich gleichfalls oben[4] weiter ausgeführt. r Winkel, unter welchem der Halbmesser a der Erdbahn em Gestirn gesehn wird, heiſst die *jährliche Parallaxe* rns. Es ist bereits oben[5] gesagt worden, daſs man och von keinem Fixstern die Parallaxe mit voller Si-

---

1 Vergl. Art. *Weltsystem.*
2 S. Art. *Fixsterne.* Bd. IV. S. 330.
3 Dissert. math. et phys. Altenb. 1757. N. IX.
4 S. Art. *Fixsterne* a. a. O.
5 Ebend. u. Art. *Parallaxe.* Bd. VIII. S. 292.

cherheit kennt, weil der Winkel zu klein ist, als daſ
Instrumente ihn noch angeben könnten. Wenn diese
bei irgend einem Fixstern eine volle Raumsecunde be
würde daraus die Entfernung R dieses Fixsterns von
gleich

$$R = \frac{a}{\text{Sin. } 1''} = 206265\ a$$

betragen. Da aber der Halbmesser der Erdbahn a = 2
geogr. Meilen ist, so würde jene Entfernung des Fixst
uns oder so würde R gleich 4262640 Millionen Meil
wofür wir hier in runder Zahl 4 Billionen Meilen se
diese Distanz, der Kürze wegen, eine *Sternweite* nenne
Es ist nicht wahrscheinlich, daſs wir einen solchen
von einer ganzen Secunde an irgend einem der bisher
teten Fixsterne nicht bemerkt haben sollten, wenn er in
so groſs wäre. Es scheint daher, daſs diese Winkel
sämmtlichen Fixsternen noch kleiner seyn müssen,
Secunde, d. h. also, daſs die Distanz auch des nächs
sterns von uns wenigstens 4 Billionen Meilen und wah
lich noch viel gröſser ist. Da das Licht in einer
41900 Meilen zurücklegt, so hat man zur bequemen U
des Folgenden die kleine Tabelle:

Jährliche Parallaxe des Fixsterns.	Entfernung von der Erde.	Zeit des Lichtes, Entfernung zu dur
4 Sec.	1 Billion Meilen	0,8 Jahre
3 —	1,5 — —	1,1 —
2 —	2 — —	1,5 —
1 —	4 — —	3 —
0,5 —	8,25 — —	6 —
0,1 —	41 — —	31 —
0,01 —	412 — —	310 —

Setzt man nun voraus, daſs im Mittel alle Stern
weit, nämlich eine solche Sternweite (oder 4 Bill.
von einander entfernt und daſs sie überdieſs alle na
gleicher Gröſse sind, eine Voraussetzung, welche die
lichste und einfachste ist, die man annehmen kann, so
offenbar die Sterne der zweiten, dritten, vierten... Gröſ
2, 3, 4.. Sternweiten, oder sie werden 2, 3, 4.. mal

Digitized by Google

Sterne der ersten Gröſse von uns entfernt seyn. Man so auch auf demselben Raume des Himmels, auf wel- an im Durchschnitte nur einen Stern der ersten Gröſse r einen der uns zunächststehenden Sterne) sieht, von , die zweimal weiter entfernt sind, 2^3 oder 8, und von den Sternen der dritten Gröſse oder von den drei- ier entfernten 3^3 oder 27, von denen der vierten Grö- oder 64 u. s. w. sehen können. Da nun bei dem r, welches Herschel zu diesem Zwecke vorzüglich det hat, erst auf 70000 Gesichtsfelder desselben ein r ersten Gröſse kommt, so folgt daraus, wenn er mit Fernrohre in jeder Gegend des Himmels, nach welcher ihn richtet, auch nur immer einen einzigen Stern in sei- lde sieht, daſs jeder dieser Sterne im Mittel schon 41 ten (oder 164 Bill. Meilen) von uns entfernt seyn weil nämlich der Würfel von 41 nahe 70000 ist. Al- ah mit diesem Fernrohre, wohin er es auch am Himmel mochte, nicht nur einen, sondern Hunderte, ja oft usende auf einmal in seinem Felde, so daſs also diese och unendlich weiter als 41 Sternweiten von uns ent- n müssen.

ken wir uns einen Kegel, dessen Scheitel im Auge bachters oder, was hier dasselbe ist, im Mittelpuncte e ruht, und dessen Winkel am Scheitel volle neunzig trägt. Dieser Kegel umfaſst daher den vierten Theil mels und seine Axe bildet mit den Seitenlinien dessel- n Winkel von 45 Graden. Wird nun dieser Kegel ehrere senkrecht auf seiner Axe stehende Ebenen ge- , von denen die erste von dem Scheitel um eine,. die m zwei, die dritte um drei Sternweiten u. s. w. ent- d, so wird die erste Ebene die Oberfläche des Kegels n Kreise schneiden, dessen Halbmesser gleich einer te ist und in dessen Peripherie man daher 6 Sterne n kann, die alle unter sich um eine Sternweite entfernt Dieses giebt daher 6 und mit dem Sterne in dem Mit- t des Kreises 7 Sterne in der ersten Ebene. Die zweite chneidet denselben Kegel in einem andern Kreise, des- bmesser zwei Sternweiten beträgt und in dessen Pe- sich daher 12 gleich weit von einander abstehende nehmen lassen. Allein um den Mittelpunct dieses Kreises

Digitized by Google

läſst sich auch noch ein anderer mit jenem concentrisch
ziehen, der genau so groſs ist, wie jener der ersten Ebe
der daher ebenfalls wieder 6 Sterne in seine Peripherie
men kann. Dieses giebt zusammen 12 und 6 oder sam
Sterne im Mittelpuncte dieser beiden Kreise 19 Fixst
der zweiten Ebene. In der dritten Ebene wird man ebe
concentrische Kreise ziehen, deren Halbmesser 1, 2, 3
weiten betragen und von welchen der erste 6, der zw
der dritte 18 Sterne enthält, so daſs also diese dritte E
allem 37 Sterne aufnehmen kann. Ebenso wird di
Ebene 61, die fünfte 91, die sechste 127 Sterne e
u. s. w.

Läſst man daher die Sonne im Scheitel dieses Keg
für einen Stern gelten, so erhält man, wenn man diese
addirt, in dem ganzen Kegelraume von dem Scheitel

bis zum	ersten Schnitte		8	Sterne	
—	zweiten	—	27	—	
—	dritten	—	64	—	
—	vierten	—	125	—	u. s. w.

und da diese Zahlen die Würfel der natürlichen Zahle
4, 5.. sind, so folgt, daſs man überhaupt in dem Keg
von dem Scheitel bis zum n^{ten} Schnitte n^3 Sterne erhäl
man den Scheitel selbst für die erste schneidende Ebene
Legt man in die Axe dieses Kegels ein Fernrohr, so w
damit ebenfalls einen kreisförmigen Raum des Himmel
sehen, und wenn man dann von allen Puncten der Pe
dieses Kreises gerade Linien nach dem Auge des Beo
zieht, so wird man einen andern, obgleich viel kleineren
erhalten, der mit jenem groſsen einerlei Scheitel und
Axe hat. Der Halbmesser dieses kreisförmigen Feldes de
rohres, d. h. der Halbmesser der Basis dieses kleinen
betrug bei dem von Herschel gewöhnlich gebrauchten
rohr 0° 13′ 5″,7 und von diesem Winkel ist das Quad
ner Tangente gleich 0,00001451. Der Halbmesser de
jenes groſsen Kegels aber beträgt 45 Grade, und von
Winkel ist die Tangente bekanntlich gleich der Einheit.
beide Kegel dieselbe Höhe haben, so verhalten sich ihre
wie die Quadrate der Halbmesser ihrer Grundflächen, d.
die Zahlen 1 und 0,00001451 oder auch wie die Zahlen
zu 1. Allein dieselben Kegelräume verhalten sich au

Digitized by Google

zahl der in ihnen enthaltenen, von einander gleichweit
sden Sterne. In dem groſsen Kegel giebt es aber, wie
sehen haben, n^3 Sterne, wenn man ihn bis zum nten
e fortsetzt. Nimmt man daher an, daſs man durch das
nes Fernrohrs auf einmal a Sterne am Himmel sehen
so erhält man die Proportion

$$n^3 : a = 1 : 0{,}00001451$$

aus folgt, daſs die gesuchte Gröſse

$$n = \sqrt[3]{68918\,a}$$

s kommt also nur noch darauf an, zu bestimmen, wie
ne man auf einmal durch dieses Fernrohr an jedem Orte
mels sehen kann. Gesetzt man sieht 10 solche Sterne,
$a = 10$ und daher $n = 88$, das heiſst, wenn man durch
nrohr im Durchschnitte an jedem Puncte des Himmels
ne auf einmal erblickt, so sind die weitesten derselben
weiten oder 352 Billionen Meilen von uns entfernt,
er groſse, den vierten Theil des Himmels umfassende
thält 88^3 oder 681472 Sterne, von welchen die wei-
8 Sternweiten von uns entfernt sind. Der ganze Him-
ält daher viermal so viel oder im Mittel 2726000
n. Allein Herschel zählte nicht zehn, sondern meh-
ndert, und oft selbst mehr als tausend Sterne, die er auf
m Felde seines Teleskops erblickte, woraus folgt, daſs
sten derselben

$$n = \sqrt[3]{68918000} = 410$$

ten von uns entfernt sind und daſs der ganze Himmel
oder über 275 Millionen solcher Sterne enthält.

vorhergehende Annahme, daſs man mit einem guten
e, dessen Gesichtsfeld 26 Minuten im Durchmesser hat,
Sterne auf einmal übersieht, wird weniger befremden,
an weiſs, daſs sie an manchen Gegenden des Himmels
d dichter stehn, so daſs an ein Zählen derselben gar
ehr gedacht werden kann. Herschel erzählt, daſs er
egend der Keule Orions, in einem Streifen von 30
raden, mehr als 50000 Sterne, die er alle noch deut-
nnen konnte, durch das Feld seines Teleskops gehen
hon Huyghens sah mit seinem noch unvollkommenen
e, dessen Feld sehr klein war, in dem Schwerte Orions

Digitized by Google

über 2000 Sterne auf einmal, und Herschel sah mit
zwanzigfüſsigen Reflector während 41 Zeitminuten nac
Schätzung nicht weniger als 258000 Sterne durch se
gehn. Nimmt man an, was wahrscheinlich noch viel
nig ist, daſs jede Quadratminute des Himmels auch n
einzigen Stern enthält, so würde die Anzahl aller St
Himmels 41252 mal 3600 oder über 148 Millionen
und diese Zahl steigt auf 534600 Millionen, wenn man
Quadratsecunde einen Stern rechnet. Und immer noch
wir hier von solchen Fixsternen, die wir mit unsern F
ren noch sehn können. Wie viele mögen aber in
Entfernungen von uns stehen, die unseren, auch mit de
Teleskope bewaffneten Augen ganz unsichtbar bleiben
Wo ist überhaupt diese letzte Entfernung, wo ist die ei
Grenze der Sternenwelt? Die vorhergehenden Betrac
führen uns gleichsam von selbst auf die Nichtexister
solchen Grenze, auf eine im eigentlichen Sinne des Au
zahllose, unendliche Anzahl der Fixsterne. Wenn wi
Blick zu diesem unübersehbaren Heer von Welten erhe
nach allen Seiten nach den äuſsersten derselben v
suchen, so fühlen wir uns gleichsam gezwungen, den
Weltenraum nach allen Richtungen hin als völlig gr
und alle Orte desselben ohne Ende als von immer neue
ten besetzt anzunehmen. Zwar ist es uns in unserer Bes
heit unmöglich, uns einen nach allen Seiten grenzenlose
vorzustellen; aber ist es uns nicht ebenso unmöglic
Grund aufzufinden, warum die Natur und die Wirku
schaffenden Kraft irgendwo aufgehört und sich, dem
sowohl als der Zeit nach, selbst eine Grenze gegeben,
der Urheber aller Dinge, nachdem er Myriaden von W
ihr Daseyn gerufen, nun plötzlich in den Aeuſserunge
Allmacht eingehalten und sich selbst ein, wenn auch
entferntes, doch immer noch endliches, Ziel seiner W
keit gesetzt haben sollte? Wenn wir uns überhaupt u
gen dürfen, unsere Gedanken bis zu dem Schöpfer d
versums zu erheben, so müssen wir ihn und seine Wi
sphäre in doppelter Beziehung als unendlich annehmen
Ewigkeit der Zeit, in welcher er gewirkt hat und imm
ken wird, ist noch nicht hinreichend, alle die Zeugn
höchsten Wesens zu fassen, wenn sie nicht zugleich

Digitized by Google

llen Seiten sich erstreckenden *Unendlichkeit des Rau*-
Verbindung gebracht wird.

llein bei dieser, der Würde des Schöpfers allein ange-
en, Annahme begegnen wir einem andern Hindernisse,
uf den ersten Blick wenigstens, mit jener Annahme un-
ar scheint. Wenn nämlich die Anzahl der Fixsterne in
unendlich ist, so müſste jeder unserer Gesichtsstrahlen,
an auch das Auge gegen den Himmel wenden möchte,
en dieser Sterne treffen und der ganze Himmel müſste
ler in allen seinen kleinsten Puncten mit Sternen bedeckt,
ch überall so hell, wie unsere Sonne erscheinen, ja diese
elbst würden wir auf dem so hellen Hintergrunde des
is nur an ihren dunklen Flecken erkennen; auch wür-
n die Planeten nur als dunkle Scheiben auf diesem lich-
mmelsgewölbe erscheinen, und von den Sternen selbst
wir endlich nichts als ein nach allen Seiten gleich-
vertheiltes, blendendes Licht erblicken. Da dieses alles
ie Erfahrung streitet, so müssen wir diesen Widerspruch,
nir die Unendlichkeit des mit Welten besäeten Raumes
mer beibehalten wollen, auf irgend eine befriedigende
lösen suchen.

Dieses hat Olbers[1] auf eine sehr glückliche Weise ge-
indem er von der Voraussetzung ausging, daſs der Wel-
m nicht ganz undurchsichtig ist, eine Annahme, die erst
eren Zeiten einen noch höheren Grad der Wahrschein-
t erreicht hat, da der sogenannte Encke'sche Komet das
eines durch den Weltraum zerstreuten, sehr feinen
beinahe unabweisbar gemacht hat, wenn wir uns anders
regelmäſsigen Verkürzung seiner Umlaufszeit Rechenschaft
wollen. Sollte aber der Weltraum mit einer solchen Materie
n seinen Puncten erfüllt seyn, so ist wohl die unmittel-
lge davon, daſs das Licht der Sterne auf seiner Bahn durch
Raum eine Schwächung erleiden müsse. Es geht aber aus
ur der im Lichtäther fortschreitenden Lichtwellen hervor,
ch diese, wie alle andern Wellen, mit der Entfernung
rem Ursprunge an Intensität abnehmen und endlich ganz
n müssen[2]. Nehmen wir mit Olbers an, daſs von 800

---

1 Berliner Jahrbuch für d. Jahr 1826.
2 Vergl. Art. *Wellen*.

Lichtstrahlen, die der nächste Stern zu uns sendet, du
Widerstand jenes Aethers auch nur ein einziger verlore
und sehen wir, welche Folge diese Annahme haben
Denken wir uns dieses Sternenlicht als in einem Strahl
der eingeschlossen, so wird die gesehene Helligkeit d
nes der Dichte der Strahlen in diesem Cylinder prop
seyn und die Abnahme der Dichte des Lichts wird s
diese Dichte der Strahlen verhalten. Ist daher y die
des Lichtes in der Entfernung x von dem Stern, so w
den Ausdruck haben

$$\partial y = - a y \partial x,$$

wo a eine constante Gröſse bezeichnet. Integrirt m
Gleichung so, daſs $y = A$ für $x = 0$ ist, so erhält ma
man die natürlichen Logarithmen nimmt,

$$\text{Log.} \frac{y}{A} = - a x.$$

Nach der obigen Voraussetzung ist, wenn der Abst
nächsten Sterns oder die *Sternweite* gleich der Einhei
wird, der Werth von $y = 799$ und $A = 800$, so daſs
nach der letzten Gleichung für den Werth der Constan
Ausdruck $a = 0{,}0005432$ erhält. Setzt man also die C
oder die Helligkeit unserer Sonne, ebenfalls gleich der
so hat man

$$\text{Log. } y = - 0{,}0005432\, x,$$

und aus dieser Gleichung folgt, daſs man hat

für die Sternweite	die Helligkeit des Stern
84	0,9
554	0,5
5520	0,001 u. s. w.,

so daſs also die um 554 Sternweiten (2216 Billionen
von uns entfernten Sterne unter jener Voraussetzung
gefähr mit der Hälfte ihres ursprünglichen Lichtes zu
langen werden. Die Helligkeit unsers Vollmonds ist
lich nur der 300000ste Theil der Helligkeit des Sonn
Setzt man also $y = \frac{1}{300000}$, so giebt die letzte G
$x = 10083$, oder in der Distanz von 10083 Sternwei
die Helligkeit des Sternes nur ungefähr die unsers Vo
seyn, nnd es werden daher sehr viele solcher dichtge
Sterne erfordert werden, um uns diesen Sternhaufen

Digitized by Google

nächsten Nacht noch als einen blassen Nebelfleck erken- lassen. Jener Einwurf kann daher nicht weiter als ein gegen die unendliche Anzahl der Himmelskörper ange- werden, und da die letzte aus andern unabweisbaren angenommen werden muſs, so wird es nicht weiter seyn, die andern Versuche, die Anzahl der Sterne zu , welche die Astronomen von Zeit zu Zeit ausgedacht hier näher anzuführen.

B. Vertheilung der Fixsterne.

Wir sehen die Fixsterne am Himmel auf eine, wenigstens sehr unregelmäſsige, Weise vertheilt, da sie an vielen gedrängt, an andern wieder durch beträchtliche Zwi- von einander getrennt erscheinen. Da wir aber gewohnt sind, in der Natur überall Ordnung und Re- gelmäſsigkeit zu erblicken, so hat man sich von jeher bemüht, auch hier wieder aufzufinden. Thomas Wright trägt in mit prachtvollen Abbildungen begleiteten Werke[1] Ansicht vor, nach welcher die Fixsterne am Himmel alle den Entfernungen und in regelmäſsigen Lagen vertheilt ns aber nur deshalb so unordentlich erscheinen, weil nicht aus der gehörigen Stelle betrachten. Er meint, die Reihen der Sterne vorzüglich durch die Ebene Milchstraſse hin erstrecken, daher sie uns, die wir ebenfalls nahe bei dieser Ebene liegen, nach dieser Richtung ungleich dichter gedrängt erscheinen, als nach allen an- Allein seine sogenannte Theorie ist bloſs auf Imagination, auf Beobachtungen und noch weniger auf eigentliche gestützt und kann daher hier nur als ein schön Gedicht betrachtet werden. Wie Kant diese Idee und mit seinem Scharfsinne weiter ausbildete[2], ist be-[3] erwähnt worden. Noch umständlicher und mit mathematischer Unterlage vorgetragen findet man diesen in den „Cosmologischen Briefen" von Lambert. sollen nämlich alle auſserhalb der Milchstraſse lie-

---

1 original Theory of the Universe. Lond. 1750. 4.
2 Allgemeine Naturgeschichte des Himmels. 4te Aufl. 1808.
3 Art. *Milchstraſse*. Bd. VI. S. 2282.

gende und nach allen Richtungen zerstreut erscheinend zusammen ein einziges *Fixsternsystem* ausmachen, z chem auch unsere Sonne selbst, als ein kleiner Thei Systems, gehört. Ueberdieſs sollen aber eine unzählige solcher Sonnensysteme (nicht bloſs solcher einzelnen in unermeſslichen Reihen hinter einander und zwar a in einer bestimmten Ebene (der *Milchstraſse*) liegen, zu jedem dieser Syteme viele Tausende von Sonnen wo dann jede dieser Sonnen wieder ihre bestimmte An Planeten und Kometen hat. Obgleich nun die einzeln nen in jedem dieser besondern Systeme schon ungeme von einander entfernt sind, so sind doch die Abstän viel gröſser, welche diese Fixsternsysteme selbst von trennen. Ein solcher Abstand befindet sich also auch z dem oben erwähnten Fixsternsysteme (zu dem unsere Sc ihren Planeten gehört, und das sich für uns scheinbar i ganzen Himmel verbreitet) und den übrigen Fixsterns deren vereinter Glanz die Erscheinung der Milchstra anlaſst.

Aus dieser Anordnung sucht Lambert zu erklären uns der Rand der Milchstraſse so deutlich begrenzt e Man stelle sich auf einer Ebene mehrere tausend Rei Lichtern in gleichen Entfernungen vor, setze na und unter diese Schicht noch eine Anzahl, z. B. fun dere ähnliche Schichten, und bringe endlich das Aug Mitte des Ganzen. Wenn nun das Auge über oder u in einer auf jene Ebene senkrechten Richtung schaut, es nur funfzig Lichter in einer Reihe auf- oder abv blicken. Je mehr es sich aber gegen den Horizont (ge Ebene hin) wendet, desto mehr wird die Anzahl derse nehmen, und endlich werden im Horizonte selbst viele Lichter hinter einander zu liegen scheinen. Allein diese Streifen des Horizonts wird weder auf der obern noch untern Seite desselben scharf begrenzt seyn, sondern nur an Licht abnehmen, je weiter er von jener Ebene ent Man ändere nun diese Stellung der Lichter dahin, d zwar die nächsten Lichter um das Auge herum, wi stehn läſst, aber zwischen diesen und den übrigen einen breiten Kreis oder Ring davon wegnimmt. Auch von dies gen lasse man nur da und dort einige in ihrer vorigen

Digitized by Google

, und nehme auch rings um sie einen ähnlichen breiten
von diesen Lichtern weg, so daſs also statt der vorigen
n Ebenen, die überall mit gleichabstehenden Lichtern
t waren, jetzt nur hundert unter sich parallel und eng an
er gestellte Ebenen bleiben, auf deren jeder bloſs ein-
Kreise stehen bleiben, deren jeder z. B. nur 20 oder 30
e enthält, so daſs diese einzelnen Kreise jeder Ebene
bedeutende Zwischenräume von einander getrennt sind.
ser Anordnung wird das Auge, wenn es senkrecht auf
Ebene über oder unter sich sieht, zwar auch noch die
e desjenigen Kreises, in welchem es selbst steht, (die
seines Fixsternsystems) nach allen Seiten nahe gleich
rt erblicken, aber die andern Lichtkreise (die andern
nsysteme) werden desto schwächer erscheinen, je weiter
s Auge abstehen, und der Lichtglanz, den sie alle zu-
n verbreiten, wird dem Auge als ein heller Kreis (die
traſse) erscheinen, dessen Grenze in der Nähe jener
desto schärfer abgeschnitten sich darstellen wird, je
jene einzelnen Lichtkreise von einander entfernt oder je
diese Kreise im Verhältniſs zu den sie von einander
den leeren Zwischenräumen seyn werden.

n unserm Fixsternsysteme liegt unsere Sonne nach Lam-
nicht in der Mitte, sondern der Gegend des Adlers näher,
wo hier die Sterne in geringerer Anzahl und zerstreuter
hen. Die Mitte des Systems verlegt er in die Nähe des
oder des groſsen Hundes. Die Milchstraſse selbst ist
so aus lauter solchen besonderen, dem unsern ähnlichen,
systemen zusammengesetzt, deren jedes uns nur wie ein
Wölkchen (oder wie ein Nebelfleck) erscheinen würde,
d sie, alle vereinigt, diese lichte Zone bilden, die den
Himmel gleich einem gröſsten Kreise zu umgeben
t. Jedes einzelne dieser Fixsternsysteme hat ohne Zwei-
en eignen (hellen oder dunklen) Centralkörper, der in
Systeme vielleicht der Sirius oder der groſse Nebel
ist, und alle diese die Milchstraſse bildende unzählige
nsysteme machen wieder ein System höherer Ordnung aus,
en Mittelpuncte sich ebenfalls ein Hauptkörper von einer
beträchtlichern, seinem ungeheuren Gebiete angemessenen,
befinden wird. Mehrere solcher Milchstraſsen zusammen
dann ein noch höheres System, und so wird man viel-

Digitized by Google

leicht durch unzählige solche Ordnungen und Stufen a müssen, ohne sich doch je dem Mittelpuncte oder de des Ganzen zu nähern, da ein nach allen Seiten ins U ausgedehnter Raum weder Mittelpunct noch Grenze hab

C. Entfernung oder Parallaxe der Fix

Die *Milchstraſse*, zu der wir gehören besteht a dem Vorhergehenden aus einer zahllosen Menge von Fixsternsystemen, welche letztere unter sich durch für unmeſsbare Räume getrennt sind. Jedes solcher besond *sternsysteme* besteht wieder aus Tausenden von einzel sternen, d. h. aus ebenso vielen einzelnen Sonnen, d unsere Sonne ist, und auch diese einzelnen Sonnen sir von einander so weit entfernt, daſs wir auch diese I wie wir bald sehen werden, noch nicht, auch nur m Sicherheit, anzugeben im Stande sind. Jede solche So lich ist wieder der Centralkörper eines eignen *Sonne* d. h. eines Systems von Planeten und Kometen, die bestimmten Gesetzen um diese einzelne Sonne bew von ihr Licht und Wärme erhalten.

Man hat die Astronomie die Königin der Wiss genannt. In der That beschäftigt sie sich mit dem und Herrlichsten, das dem menschlichen Geiste zur B vorgelegt werden kann; auch ist dieser Geist in der niſs jenes erhabenen Gegenstandes weiter, als vielleicht einer andern, vorgedrungen. Und doch, was ist uns sem Gegenstande bekannt geworden? Wir haben angestrengtesten Bemühungen mehrerer Jahrtausende ei nige Eigenschaften von unserem, uns zunächst um *Sonnensystem* kennen gelernt, aber sogar von unserm *systeme* wissen wir nicht viel mehr als nichts; serer *Milchstraſse* endlich erlauben wir uns einige A Phantasiespiele, nicht viel mehr, als Träume. Was über dieses letzte System hinaus liegt, wird dem kö und geistigen Auge des Menschen wahrscheinlich f unbekannt bleiben.

Gehen wir also wieder zurück aus diesen uns e den Regionen zu *unserem Fixsternsysteme*, d. h. zu Sammlung von vielleicht vielen Tausenden von Fixste

Digitized by Google

d unsere Sonne, die selbst einer dieser Fixsterne ist, umgeben und die zusammen ein in sich abgeschlosse- ne bilden, das von den übrigen ähnlichen Sterngebäu- e wir oben gesagt haben, durch Zwischenräume getrennt in welche selbst die Distanzen dieser einzelnen Sonnen ich vielleicht wieder nur wie untheilbare Puncte ver- den. Hier drängt sich uns also zuerst die Frage auf, sind diese Distanzen von unserer Sonne zu den übri- gen dieses unsers Fixsternsystems? Dieses ist die Frage sogenannten *jährlichen Parallaxe* der Fixsterne, die ist[1] bereits öfter berührt, aber noch nicht der Gröſse chtigkeit des Gegenstandes gemäſs behandelt worden ist, m hier das Vorzüglichste über denselben in Kürze nach- nollen.

nt man a den Halbmesser der hier als kreisförmig an- nen Bahn der Erde um die Sonne, und R die Distanz ines Gestirns von dem Mittelpuncte dieser Erdbahn, so Winkel π, unter welchem ein Auge in diesem Ge- n auf seine Gesichtslinie senkrechten Halbmesser der sieht, durch die Gleichung

$$\text{Sin. } \pi = \frac{a}{R}$$

, und π heiſst die *jährliche Parallaxe* des Gestirns, so n, wenn dieser Winkel π durch irgend eine Beobach- geben wird, dadurch auch die Entfernung R des Ge- n Theilen des Halbmessers der Erdbahn durch die g $R = \frac{a}{\text{Sin. } \pi}$ bekannt ist.

e Gleichung kann, so lange der Winkel π nur klein so ausgedrückt werden:

$$\pi \text{ Sin. } 1'' = \frac{a}{R},$$

n man R in Theilen des Halbmessers der Erdbahn, also der Einheit nimmt,

$$\pi = \frac{206265}{R}.$$

lso R = 57 Halbmesser der Erdbahn, so ist π = 3618 so ist π nahe gleich einem Grad. Ist R = 3438, so

---

[1] Art. *Fixsterne* und *Parallaxe*.

Digitized by Google

ist π gleich einer Minute. Ist endlich R = 206265, :
gleich einer Secunde. Die folgenden zwei kleinen Ta
ben einen Ueberblick dieser Verhältnisse.

π in Minuten	R	π in Secunden	R
60	57	60	3438
30	115	30	6875
20	172	20	10313
10	344	10	20626
5	688	5	41255
4	859	4	51566
3	1146	3	68755
2	1719	2	103132
1	3438	1	206265

Als Copernicus seine neue Lehre von der Beweg
Erde um die Sonne aufstellte, war der wichtigste Einw
Gegner der, daſs man diese Bewegung der Erde an ein
entspringenden scheinbaren Verrückung (Parallaxe) d
sterne bemerken müſste. Da man diese aber nicht b
so schloſs der kühne, seiner guten Sache fest vertrauen
daraus, daſs die Entfernung der Fixsterne *unendlich g*
daher jene scheinbare Bewegung derselben für uns u
klein oder unbemerkbar seyn müsse. Da aber die best
nomischen Beobachtungen seiner Zeit höchstens auf
nuten verläſslich waren, so hieſs dieses mit andern
die Entfernung der Fixsterne von uns muſs über 171
messer der Erdbahn betragen, weil wir ihre Paralla
mehr bemerken können. Wie viel sie über diese
hinausgehe, blieb unbekannt. Tycho Brahe war
dessen Beobachtungen die Genauigkeit von einer Minut
daher auch alle unsere astronomischen Kenntnisse, die
Beobachtungen verlangen, erst mit ihm beginnen. Auc
fand aber keine Parallaxe der Fixsterne, d. h. aus sei
obachtungen folgt, daſs die Entfernung der Fixsterne ü
Halbmesser der Erdbahn betragen müsse. Unsere gegen
Beobachtungen haben gewiſs die Genauigkeit von zwei
den, und wenn auch wir keine Parallaxe der Fixstern
so dürfen wir sagen, daſs ihre Entfernung wenigstens
Halbmesser der Erdbahn betragen müsse, so daſs unser

Digitized by Google

bbaren 120mal weiter hinausgerückt ist, als die des
nicus, und 30mal weiter, als die des Tycho.

m diese Betrachtungen mehr zu versinnlichen, denken
s einen irdischen Gegenstand C, der von dem Beobach- Fig. 122.
te eine deutsche geographische Meile (oder 22830 Par.
ntfernt ist. Wenn der Beobachter die Entfernung die-
genstandes von sich messen will, ohne zu ihm selbst
n zu können, so muſs er den Gegenstand bekanntlich
n zwei Endpuncten einer Standlinie (einer Basis) be-
n. Sey AB diese Basis, und nehmen wir an, daſs der
ter in dem Dreiecke ABC die beiden Winkel A und B
nem Instrumente gemessen habe, aus deren Unterschiede
t, mit der bekannten Länge seiner Basis AB, die ge-
Entfernung des Gegenstandes C durch die bekannten
tzen der Geometrie finden will. Wie groſs wird er
sis nehmen müssen, damit ihm die Entfernung des
andes nicht unendlich, nicht unermeſslich erscheine?
r wird diese Basis desto kleiner seyn dürfen, je besser
strument ist.

hmen wir an, sein Instrument sey dem erwähnten Ty-
hen gleich, das nämlich nicht eher einen Unterschied der
Richtungen des Gegenstandes C in den Puncten A und
B, als bis dieser Unterschied eine volle Minute beträgt.
wird also, wie die vorige Tafel zeigt, die Basis AB der
e Theil der Entfernung des Gegenstandes seyn, also

= 6,64 Fuſs oder nahe 6 Fuſs 8 Zoll betragen müssen,

ner darf diese Basis nicht seyn, wenn der nahe eine
ntfernte Gegenstand mit diesem Instrumente nicht un-
ch weit entfernt erscheinen soll. Haben aber die Be-
ngen eine sechsmal gröſsere Genauigkeit, oder kann man
em anderen Instrumente bis auf 10 Sec. genau beobach-
hört jene Entfernung schon auf, unermeſslich zu seyn,
ie Basis AB auch nur 13 Zoll beträgt. Und ebenso
t ein Instrument, mit dem man bis auf

5, 4, 3, 2 und 1

en genau messen kann, die Basis in derselben Ordnung
gefähr

7, 5, 4, 3, 1

tragen dürfen, um jene Distanz des Gegenstandes (von

nahe einer deutschen Meile) nicht mehr unermeſslich zu
Die Messung der Distanz eines Fixsterns aber, dessen P
30 oder 5 oder $\frac{1}{2}$ Secunde beträgt, und dessen Entfernu
in derselben Ordnung 6876 oder 41255 oder 41253
messer der Erdbahn erreicht, ist weder mehr noch
schwierig, als die Messung der Distanz eines eine M
fernten irdischen Gegenstandes, von einer Basis aus,
Länge, wieder in derselben Ordnung, 6 Fuſs 8 Zoll
Zoll oder endlich nur einen einzigen Zoll beträgt.

Man sieht überhaupt aus jener Gleichung, daſs jed
bene Fehler der Beobachtung in dem Winkel π auf
suchte Entfernung R einen um so nachtheiligern Einfl
je gröſser diese Entfernung R oder, was dasselbe ist, je
die Parallaxe π des Gestirns ist. In der That kann
vorhergehende Gleichung, wenn π in Secunden aus
wird, auch so schreiben:

$$R = 206265 \frac{a}{\pi},$$

und davon ist das Differential in Beziehung auf R und

$$\partial R = - 206265 \frac{a \partial \pi}{\pi^2}.$$

Nimmt man also den Beobachter a der Erdbahn für die

an, und setzt man den Fehler der Beobachtung $\partial \pi$

Secunde, so erhält man

$$R = \frac{206265}{\pi} \text{ und } \partial R = - \frac{2063}{\pi^2}.$$

Nach diesen Ausdrücken ist folgende kleine Tafel
net worden, die für die verschiedenen Werthe von π
zweiten Columne die entsprechenden Werthe von R,
der dritten die Fehler ∂R dieser Entfernung für den
$\partial \pi = 0'',01$ der Parallaxe giebt.

Digitized by Google

π	R	∂R
10″	20626	— 21
5	41253	— 82
4	51566	— 129
3	68755	— 229
2	103132	— 516
1	206265	— 2063
0,9	229180	— 2546
0,8	257830	— 3222
0,7	294660	— 4209
0,6	343770	— 5729
0,5	412530	— 8250
0,4	515660	— 12892
0,3	687550	— 22918
0,2	1031300	— 51566
0,1	2062600	— 206260

dieser Tafel sind die Werthe von π in Secunden und R und ∂R in Theilen des Halbmessers a der Erdbahn ückt, wonach bekanntlich a = 20665840 geogr. Meilen, 15 auf einen Grad des Aequators gehn, ist. Ist z. B. die π gleich einer Secunde, so erhält man für die Entg R = 206265 a oder R = 4262640 Millionen Meilen, wir oben der Kürze wegen in runder Zahl 4 Billionen als das Maſs einer *Sternweite* angenommen haben. dieser Winkel nur um $\frac{1}{100}$ Sec. unrichtig beobachtet, so man für den aus diesem Fehler entstehenden Irrthum tfernung die Gröſse ∂R = 2063 a oder nahe R = 42626 en Meilen, so daſs also der Fehler in R nahe den hun- Theil des Ganzen beträgt. Viel gröſser wird dieser wenn der Winkel π noch kleiner ist. Für π = 0″,1 B. derselbe Fehler von $\frac{1}{100}$ Secunde schon einen Fehler Folge, der den zehnten Theil des Ganzen oder über nen Meilen ausmacht, da zu π = 0″,1 die Distanz R gleich 42625361 Millionen Meilen ist oder im Mittel 10 enten beträgt.

m nun diese Parallaxe eines Fixsterns durch Beobachtun- bestimmen, kann man auf folgende Weise verfahren. a und p die Rectascension und Poldistanz des aus dem puncte der Sonne und a′, p′ des aus der Oberfläche der gesehenen Sterns, so wie A und P die Rectascension und

Poldistanz des Mittelpunctes der Erde selbst, r die E
des Sterns von der Sonne und r' von der Erde, so
wenn man wieder die halbe groſse Axe der Erdbahn a
der Distanzen voraussetzt, folgende drei Gleichungen:

$$r' \text{Cos. } a' \text{ Sin. } p' = r \text{ Cos. } a \text{ Sin. } p + \text{Cos. } A \ldots$$
$$r' \text{Sin. } a' \text{ Sin. } p' = r \text{ Sin. } a \text{ Sin. } p + \text{Sin. } A \ldots$$
$$r' \text{Cos. } p' = r \text{ Cos. } p + \text{Cos. } P.$$

Setzt man die jährliche Parallaxe $\frac{1}{r}$ gleich π, so giebt
vision der beiden ersten dieser Gleichungen

$$\text{Tang. } a' = \frac{\text{Sin. } a \text{ Sin. } p + \pi \text{ Sin. } A \text{ Sin. } \ldots}{\text{Cos. } a \text{ Sin. } p + \pi \text{ Cos. } A \text{ Sin. } \ldots}$$

Dieser Ausdruck läſst sich, nach dem bekannten
leicht in die folgende Reihe entwickeln:

$$a' - a = m \text{ Sin. } (A-a) - \tfrac{1}{2} m^2 \text{ Sin. } 2(A-a) + \tfrac{1}{3} m^3 \text{ Sin. } 3 (\ldots$$

wo der Kürze wegen

$$m = \pi \frac{\text{Sin. } P}{\text{Sin. } p}$$

gesetzt worden ist. Ebenso erhält man

$$p' - p = \pi \Big(\text{Sin. } (P - p) + 2 \text{ Cos. } p \text{ Sin. } P \text{ Sin.}^2 \frac{A}{\ldots}$$

Man sieht aus diesen beiden Ausdrücken von der
Parallaxe $\partial a = a' - a$ der Rectascension und $\partial p =$
der Declination, daſs die zweite oder daſs ∂p imme
ist, als die absolute Parallaxe π, während im Gege
Parallaxe ∂a der Rectascension oft beträchtlich gröſ
werden kann, so daſs es demnach vortheilhafter ist,
obachtungen der Rectascension zur Bestimmung der Pa
der Fixsterne zu wählen. Nachdem aber mehrere As
mit den besten Instrumenten auf diesem Wege die
nicht gefunden hatten, weil die Winkel, welche sie fü
hielten, zu klein waren, um noch von ihrem Instrum
Sicherheit angegeben zu werden, so suchte man wenig
Summe der Parallaxe zweier Sterne, in der Hoffnung, d
bedeutend genug seyn werde, um noch mit Verläſslich
obachtet werden zu können. Wählt man nämlich ein
Sternpaar, dessen Rectascensionen a und a' nahe um 1
verschieden sind, und nimmt man vorläufig die Para
für beide Sterne gleich groſs an, so wird man durch
Beobachtung dieser Sterne die Rectascension des einer

a und die des andern gleich $a' - \partial a$, also beider Diffe-
$\Delta = a - a' + 2\partial a$ finden. Nach einem halben Jahre
werden die beobachteten Rectascensionen derselben Sterne
a und $a' + \partial a$, also beider Differenz $\Delta' = a - a' - 2\partial a$
wodurch man daher

$$\Delta - \Delta' = 4\partial a$$

die doppelte Summe beider Parallaxen erhält, die vielleicht
sere Instrumente noch merkbar seyn wird, wenn auch die
en Parallaxen selbst nicht mehr unterschieden werden kön-
Uebrigens wird man zu diesem Zwecke die beiden Sterne
n zwei Jahreszeiten beobachten, wo die Parallaxen ihrer
censionen den gröſsten positiven und negativen Werth
, d. h., wie aus der vorhergehenden Gleichung für ∂a folgt,
a gleich $90 + A$ oder gleich $270 + A$ ist.
ellen wir nun das Vorzüglichste zusammen, was seit der
des vorigen Jahrhunderts über die Parallaxe der Fixsterne
mmittelbare Beobachtungen derselben gefunden worden ist.
der gröſsten praktischen Astronomen, James Bradley,
gleich mit den besten Instrumenten seiner Zeit versehen
ellte die Behauptung auf, daſs die beiden Fixsterne γ Dra-
und ζ Ursae majoris (die er durch eine Reihe von vielen
mit der gröſsten Aufmerksamkeit verfolgte und aus wel-
Beobachtungen er auch seine bekannte Entdeckung der
tion und der Nutation ableitete) eine jährliche Parallaxe
ner halben Secunde nicht haben können, weil sie ihm sonst
entgangen seyn würde. Seitdem hat man gleichsam still-
gend angenommen, daſs die Parallaxe aller Fixsterne eben-
u klein sey, um durch unsere Instrumente noch erkenn-
werden, was aber offenbar unrecht ist und aus Bradley's
tung, sofern er nur von zwei Sternen spricht, nicht
et werden kann. Funfzig Jahre später, im Anfange des
wärtigen Jahrhunderts, ging ein anderer groſser Beobachter,
in Palermo, zu der Untersuchung dieses Gegenstandes
Er fand die Parallaxe von α Aurigae, α Bootis und
lae allerdings sehr nahe gleich Null oder ganz verschwin-
allein für die Sterne α Tauri, α Canis maj., α Canis min.
Lyrae fand er aus seinen Beobachtungen Parallaxen, die
bis zu vollen 10″ gingen. Besonders hielt er die Paral-
on 4″ für α Can. maj. für sehr wahrscheinlich; für α Lyrae
2″ und bald darauf Calandrelli in Rom mit einem

Digitized by Google

weniger vorzüglichen Instrumente sogar 4"4. Später suchte Bessel alle von Bradley in dem Laufe vo Jahren auf der Sternwarte zu Greenwich beobachteten scensionen der beiden Sterne α Can. maj. und α Lyrae, (wegen ihres Unterschiedes von 180 Graden in der Rectas besonders zu eignen schienen, die Summe ihrer Pa nach dem oben bestimmten Verfahren, zu bestimmen, fand aus 207 Beobachtungen dieser Sterne die Sum Parallaxen gleich 0",044. Für ein anderes Sternpaar, min. und α Aquilae, fand Bessel aus 200 Beobachtu Summe ihrer Parallaxen gleich 0",93.

Brinkley in Dublin, mit einem Meridiankreise Fuſs im Halbmesser, wählte die Beobachtung der De zur Bestimmung der Parallaxe. Er fand für α Aquil für α Lyrae 1",1 und für α Bootis und α Cygni nahe cunde. Brinkley selbst legte diesen Resultaten einen Werth bei und vertheidigte sie volle neun Jahre gegen griffe Pond's, des kön. Astronomen in Greenwich, der ihn dasselbe Vertrauen schenken wollte. Pond selbst benutz nur seine trefflichen Meridiankreise zu seinen viele Ja eifrig fortgesetzten Beobachtungen der Parallaxe, sondern festigte auch mehrere groſse, zehn Fuſs lange Fernröhre nerne Pfeiler so, daſs sie auf bestimmte Sterne gerichtet und ihren Declinationsunterschied von anderen, ihrem nahen Sternen durch ein Fadenmikrometer angaben. seine Beobachtungen vereinigten sich dahin, daſs die aller von ihm auf diese Weise beobachteten Fixsterne unmerklich ist. Auch Airy, der Nachfolger Pond's, is seine eigenen Beobachtungen zu denselben Resultaten g

Schon der ältere Herschel war der Ansicht, da Meſsinstrumente zu diesem Zwecke, wo es sich um die von Winkeln handelt, die vielleicht nur einige Zehnthe Secunden betragen, nicht geeignet sind. Er schlug da Bestimmung der Parallaxe die Beobachtung der *Dopp* vor, indem er voraussetzte, daſs diese Doppelsterne nur bar doppelt seyn, daſs sie nur zufällig auf derselben Ge linie, aber vielleicht in sehr groſsen Distanzen hinter ei liegen. Unter dieser Voraussetzung war die Hoffnung g daſs man durch fortgesetzte Vergleichung eines solchen paares die Veränderungen wohl bemerken würde, welc

Digitized by Google

derselben durch die Parallaxe erleidet, während der ent- als in einer unendlichen Entfernung angenommen, um einen festen und unveränderlichen Punct des Him- zeichnet, der eben zur Bestimmung der Veränderung des Sternes sehr geschickt seyn wird. Allein er fand be- bald nachdem er diese Beobachtungen begonnen ganz etwas anderes, als was er in der That suchte. Er dafs bei weitem die meisten dieser Doppelsterne zusam- ören und ein System für sich bilden, wodurch demnach ne Hypothese widerlegt oder doch in den meisten Fäl- anwendbar gemacht wurde. α Lyrae der Iten Gröſse und ner Begleiter in 43 Sec. Entfernung von der XIten Gröſse von diesen Doppelsternen eine Ausnahme; sie sind in da sie ganz verschiedene eigene Bewegungen haben, einbar, nicht wahrhaft doppelt, nicht zu einem System d. Struve hat bereits angefangen, dieses Sternpaar in Beziehung zu verfolgen. Aus den bisherigen Beobach- die aber fortgesetzt werden, fand er die jährliche Pa- $= 0'',2613$ mit dem wahrscheinlichen Fehler $\pm\, 0'',025$. ebt die Entfernung von der Sonne gleich 771400 Halb- der Erdbahn, eine Entfernung, die das Licht in 12 Jah- läuft. Struve hofft aus guten Gründen, daſs er die von α Lyrae auf diesem Wege in sehr enge Grenzen ben werde.

her wählte man zu diesen Bestimmungen durchaus nur ren oder hellern Sterne, in der Voraussetzung, daſs sie halb auch die *näheren* seyn müſsten. Bessel stellte die Behauptung auf, daſs auch diejenigen Sterne, die eine eigene Bewegung haben, wahrscheinlich zu den näheren daſs sie daher, wenigstens in Beziehung auf ihre Nähe, weise untersucht werden sollten. Unter allen uns bekannten n des Himmels ist der Doppelstern 61 Cygni derjenige, eigene Bewegung am gröſsten ist. Sie beträgt in Rect- n jährlich $+\, 5'',15$ und in Declination $+\, 3'',12$. Bessel ihn mit zwei andern kleinen Sternen der Xten Gröſse er Nachbarschaft, und setzte diese Beobachtungen eine Zeit an seinem groſsen Heliometer fort. Als Endresul- er Untersuchungen findet er[1] die jährliche Parallaxe von

---

[1] Astronom. Nachrichten. Nr. 366.

61 Cygni gleich 0″,3136 mit dem mittleren Fehler ± 0′
und man darf hinzusetzen, daſs diese Bestimmung einer
laxe genauer ist, als irgend eine der bisher angestellten
denn auch die angeführten Rechnungsdarstellungen einen
Grad von Vertrauen in die daraus abgeleiteten Resultate
flöſsen geeignet erscheinen. Diese Parallaxe giebt die
Entfernung des Fixsterns 61 Cygni von der Sonne gleich
Halbmessern der Erdbahn oder nahe 13592000 Millionen
oder endlich etwas über drei solche Sternweiten, dere
oben jede zu 4 Billionen Meilen angenommen haben. D
welche das Licht braucht, diese Distanz zu durchlauf
10,3 Jahre. Wenn ein Dampfwagen täglich 200 Meil
rücklegte, so würde er nahe 200 Millionen Jahre brauch
bis zu jenem Sterne zu gelangen. Da ferner die jährli
gene Bewegung dieses Doppelsterns, nach dem Vorhergel
in einem gröſsten Kreise des Himmels gezählt, gleich
ist, so ist die relative jährliche Bewegung unseres S
systems und dieses Doppelsternes gröſser als $\frac{5,123}{0,3136}$ =
Halbmesser der Erdbahn; bis zu dieser Gröſse würde sie
lich herabsinken, wenn sie senkreckt auf die Gesichtsli
sich ginge. Die Umlaufszeit des kleineren dieser beiden
um den groſsen ist nahe 540 Jahre und die halbe groſ
der Bahn des kleinern beträgt 15 Secunden. Endlic
noch die Summe der Massen der beiden Sterne dieses
von Bessel annähernd gleich 0,61 der Sonnenmasse ge
Künftige Beobachtungen dieses merkwürdigen Doppe
werden diese Resultate ohne Zweifel noch genauer best
aber immerhin können sie schon als sehr genähert und
sam als der erste gelungene Versuch betrachtet werden,
Blicke auch jenseits der Grenze des Sonnensystems aus
nen und in jene Tiefen des Himmels zu erweitern, die
dem menschlichen Geiste ganz unzugänglich gewesen
Dieser Doppelstern ist der erste Stern des Himmels,
Entfernung von uns wir mit einiger Bestimmtheit angebe
nen, da die Grenze der Unsicherheit dieser Angabe noch
den zehnten Theil der ganzen Entfernung betrifft, denn na
Vorhergehenden muſs die Parallaxe dieses Doppelsternes
schen 0″,33 und 0″,29, also die Entfernung desselben zw
625050 und 711260 Halbmesser der Erdbahn fallen.

Digitized by Google

Charakteristik unseres Sonnensystems.

h unser Fixsternsystem, wie gesagt, aus mehrern ein-Sonnensystemen besteht, wo in jedem der letzteren meh-aneten und Kometen sich um ihre Sonne, als um ihren örper, bewegen, so wird man, diese Sonnensysteme ander zu unterscheiden, die *Charakteristik* derselben en, deren Betrachtung hier um so weniger übergangen darf, da wir uns in dem Vorhergehenden schon öfter bezogen haben.

genommen, daſs die Bewegungen um alle diese Sonnen en Gesetze der allgemeinen Gravitation vor sich gehn, lich jede dieser Sonnen die um sie umlaufenden Körper kehrt das Quadrat ihrer Entfernungen an sich zieht, so sich die Flächen der von den Radien Vectoren dieser um ihre Sonne beschriebenen Sectoren zu den Zeiten, hen sie beschrieben werden, wie die Quadratwurzeln Parametern ihrer Bahnen verhalten. Ist also a die roſse Axe der elliptischen Bahn eines solchen Körpers die in der Zeit t beschriebene Fläche, so wie p der rameter der Bahn, so hat man

$$\frac{f}{t} = \mu . \sqrt{p},$$

ine constante Gröſse ist. Um diese Gröſse μ näher zu en, so hat man, wenn $\frac{1}{2}$ F die Fläche der ganzen El-d T die Umlaufszeit des Körpers um seine Sonne be-, wie zuvor,

$$\frac{F}{T} = \mu . \sqrt{p}.$$

e die Excentricität der Ellipse, so hat man

$$\tfrac{1}{2} F = a^2 \pi \sqrt{1 - e^2}$$

$$p = a(1 - e^2),$$

daher die vorhergehende Gleichung in die folgende t:

$$\mu = \frac{2\pi . a^{\frac{3}{2}}}{T},$$

die bekannte Ludolph'sche Zahl 3,14159.. bezeichnet.

Digitized by Google

I. Kennt man also von einem dieser Körper fü
stimmtes Sonnensystem die halbe groſse Axe a und
laufszeit T, so ist damit auch der Werth dieser Co
gegeben. Für unser Sonnensystem hat man z. B., wenn
Erde für jenen Körper nimmt, a = 1 und T = 365,256
also ist auch

$$\mu = \frac{2\pi}{T} = 0{,}0172021 .$$

Hätte man aber irgend einen andern Planeten unseres
systems, z. B. Mars, gewählt, so wäre a = 1,52
T = 686,979579, also auch

$$\mu = \frac{2\pi a^{\frac{3}{2}}}{T} = 0{,}0172021, \text{ wie zuvor,}$$

so daſs also für alle Planeten und Kometen, so wie
für alle um unsere Sonne sich bewegenden Körper die
$\mu = 0{,}0172021$ immer denselben Werth behält, der,
sogleich (in Nr. V) sehn werden, eigentlich von
der Sonne abhängt und daher diesem unseren Sonn
eigenthümlich ist, daher auch diese Gröſse μ die *Ch*
stik unseres Sonnensystems genannt wird.

II. Bemerken wir noch, daſs dieser Werth vo
für alle Planeten und Kometen, die sich um unsere S
wegen, gehört, nicht aber für die Satelliten dieser
Da nämlich diese Satelliten mit ihrem Hauptplaneten
ein abgesondertes System für sich bilden, so wird a
solchen Satellitensysteme eine eigene Charakteristik
Für unsern irdischen Mond oder für unser Mondsyst
ist die mittlere Entfernung des Monds von dem Mittel
Erde gleich 51830 geogr. Meilen, also auch

$$a = \frac{51830}{20666000} = 0{,}00250798 \text{ Halbmesser der E}$$

Da weiter die siderische Umlaufszeit des Mondes T =
Tage ist, so hat man

$$\mu' = \frac{2\pi . a^{\frac{3}{2}}}{T} = 0{,}00002888$$

für die Charakteristik des Mondsystems unserer Erde.
hat man für das System der vier Jupitersmode, wenn
letzten derselben nimmt,

Digitized by Google

$$a = \frac{258320}{20666000} = 0{,}0125 \text{ Halbmesser der Erdbahn}$$

e siderische Umlaufszeit dieses Monds

$$T = 16{,}68902 \text{ Tage},$$

ch für die Charakteristik dieses Satellitensystems

$$\mu'' = \frac{2\pi . a^{\frac{3}{2}}}{T} = 0{,}000526.$$

Gleichung für μ zeigt zugleich, daſs in jedem Systeme rate der Umlaufszeiten der um den Centralkörper sich den Gestirne sich verhalten, wie die Würfel der gro- en ihrer Bahnen, wie dieses dem bekannten dritten chen Gesetze gemäſs ist. Auch hat man, da T die zeit bezeichnet, für die mittlere tägliche Bewegung die- per den Ausdruck

$$\frac{2\pi}{T} \text{ oder } \frac{\mu}{a^{\frac{3}{2}}},$$

daher die mittlere Bewegung derselben in einem Zeit- on t Tagen gleich $\frac{\mu}{a^{\frac{3}{2}}} . t$ seyn wird.

. Setzt man in der Gleichung

$$T = \frac{2\pi . a^{\frac{3}{2}}}{0{,}0172021}$$

für $a = 1$, so erhält man $T = 365{,}256$ Tage. Setzt z. B. $a = \frac{7}{8}$, so erhält man $T' = 298{,}958$ Tage, also $= 66{,}298$ Tage und

$$\frac{T - T'}{T} = 0{,}1815,$$

t: wird die mittlere Distanz a der Erde von der Sonne er Gröſse vermindert, so wird das Jahr T der Erde um 0,1815 seiner gegenwärtigen Gröſse kleiner, oder um 66,298 Tage, also nahe um zwei Monate, vermin- assen wir aber die mittlere Distanz $a = 1$ unverän- d ändern wir dafür die Umlaufszeit T, so giebt die ng

$$\mu = \frac{2\pi}{T}$$

$= 365{,}256$ den Werth $\mu = 0{,}017202$. Nimmt man da-

Tttt

gegen die Umlaufszeit um ihren 12ten Theil, das heiſs um einen Monat kleiner, so hat man $T' = 334{,}82$, u giebt

$$\mu' = 0{,}018766,$$

also auch $\mu' - \mu = 0{,}001564$ und $\frac{\mu' - \mu}{\mu} = 0{,}0909$, d nimmt man bei derselben mittleren Distanz die Un der Erde um ihren 12ten Theil kleiner, als sie jetzt wird dadurch die Charakteristik μ des Sonnensystems Masse der Sonne) um ihren zehnten Theil gröſser.

IV. Kürzer und allgemeiner zugleich findet m und ähnliche Aufgaben, wenn man die vorhergehen chung

$$\mu = \frac{2\pi . a^{\frac{3}{2}}}{T}$$

differentiirt. Thut man dieses zuerst in Beziehung au a, so erhält man

$$\partial T = \frac{3 . T}{2 a} . \partial a,$$

wo man, wie zuvor, für $a = 1$, $\partial a = \frac{1}{8}$ und $T =$ findet $\partial T = 66$ Tage.

Differentiirt man aber jene Gleichung in Beziehu und μ, so hat man

$$\partial \mu = -\frac{\mu \partial T}{T},$$

und damit erhält man $\partial \mu = 0{,}00156$, wenn man ∂T Tage setzt.

V. Nennt man m die Masse der Sonne, so sin kannten dynamischen Gleichungen für die Bewegung neten um die Sonne[1]:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + \frac{m x}{r^3} &= 0 \\ \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{m y}{r^3} &= 0 \\ \frac{d^2 z}{\partial t^2} + \frac{m z}{r^3} &= 0 \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (A)$$

1 S. Art. *Mechanik*. Bd. VI. S. 1569.

Digitized by Google

... r die Entfernung des Planeten von der Sonne, also $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$ ist, und wo t die Zeit bezeichnet. Da ... die in der Entfernung r von der Sonne statt habende ... ziehungskraft der Sonne gleich $\frac{m}{r^2}$ ist, so muſs bei der Be... ...ung der eigentlichen Gröſse dieser Kraft und ihrer Wir... ...ung auf eine Einheit nothwendig eine Zeiteinheit und eine ...einheit angenommen werden. Sey die Zeiteinheit der mitt... ...Sonnentag und die Raumeinheit die halbe groſse Axe der ...bahn. Wenn also die Sonne auf einen ruhenden materiel... ...Punct, dessen Entfernung von der Sonne gleich 1 ist, ...end eines mittleren Tags fortwährend einwirkte, und zwar ... mit derselben Kraft (so daſs also die relative Entfernung ... beiden Körper sich nicht änderte), so würde diese Sonne ... Ende des mittleren Tags dem Puncte eine Geschwindigkeit ... haben, welche ihn, wenn er jetzt ganz allein sich selbst ...lassen bliebe, in der Zeiteinheit (d. h. während eines mitt... Tages) um die Länge m, nach der Längeneinheit gemes... ...schrieben würde. Es ist aber die mittlere tägliche Be...ung der Erde gleich 3548″,33 Raumsecunden oder, in ... des Halbmessers der Erdbahn ausgedrückt, gleich ...,33 Sin. 1″ = 0,017202. Da aber diese letzte Gröſse oben ... war, so ist auch m = μ^2 oder = 0,0002959. ... der ... Form jener Gleichungen (A) folgt, daſs m die ... der *Sonne* bezeichnet, wenn von der Bewegung eines ..., und die *Masse des Hauptplaneten*, wenn von der ...gung eines Satelliten um diesen Hauptplaneten die Rede ... Wir haben aber oben für die Charakteristik

des Planetensystems	$\mu = 0{,}017202$
des Mondsystems der Erde	$\mu' = 0{,}00002888$
des Mondsystems des Jupiter	$\mu'' = 0{,}000526$

... Nimmt man des diesen Gröſsen die Verhältnisse in ...ziehung auf die erste Gröſse μ, so erhält man

$$\mu = 1$$

$$\frac{\mu'}{\mu} = \frac{0{,}00002888}{0{,}017202} = 0{,}0016788,$$

$$\frac{\mu''}{\mu} = \frac{0{,}000526}{0{,}017202} = 0{,}030507.$$

Digitized by Google

Allein die Massen dieser drei Himmelskörper sind n[illegible] neuesten Bestimmungen[1] für

$$\text{Sonne} \ldots\; 1$$

$$\text{Erde} \ldots\; \frac{1}{354940} = 0{,}0000028174,$$

$$\text{Jupiter} \ldots\; \frac{1}{1054} = 0{,}0009488.$$

Quadrirt man aber die vorhergehenden Werthe von $\frac{\mu'}{\mu}$ u

so erhält man

$$\left(\frac{\mu'}{\mu}\right)^2 = 0{,}000002819$$

und

$$\left(\frac{\mu''}{\mu}\right)^2 = 0{,}000931$$

sehr nahe, wie zuvor für die Massen, so daſs also di
$m = \mu^2$ für jedes System die Masse des Centralkörpe
Systems bezeichnet oder daſs die *Charakteristik* des
gleich der Quadratwurzel aus der Masse des Centralkör

VI. Um den Werth dieser wichtigen Gröſse μ
einem anderen einfacheren Wege zu finden, wollen wi
ken, daſs der Bogen, welchen die Erde in ihrer mittl
wegung um die Sonne während einer Secunde b
gleich $\frac{2\pi}{T}$ ist, wenn T, die siderische Revolution der
Zeitsecunden ausgedrückt ist. Der Sinus versus di
gens ist

$$a\left(1 - \text{Cos.}\,\frac{2\pi}{T}\right) = 2a\left(\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\,.\,\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{2\pi}{T}$$

und da der Sinus versus als die Abweichung der krum
Bahn der Erde von ihrer Tangente während einer Ze
angesehn werden kann, so ist auch diese Gröſse $\frac{2\pi}{T}$
Theilen der halben groſsen Axe der Erdbahn ausgedrü
jenige Gröſse, um welche die Erde in ihrer jährliche
gung, während einer Zeitsecunde, gegen die Sonne fä

1 S. Art. *Masse*. Bd. VI. S. 1393.

Digitized by Google

$\frac{2\pi^2 a}{T^2}$ ist die Anziehung der Sonne in der Entfernung a von ihrem Mittelpuncte.

Die Gröſse aber, um welche die Erde auf ihrer Oberfläche die Körper gegen ihren Mittelpunct zieht, ist gleich $\frac{1}{2} g = 15,107$ Par. Fuſs, oder wenn der Halbmesser der Erde 19608666 Par. Fuſs beträgt, $\frac{1}{2} g = \frac{15,107}{19608666} = 0,0000007704247$ Erdhalbmesser, und dieses ist zugleich die Anziehung der Erde in der Entfernung ihres Halbmessers, den wir hier für die Einheit der Entfernungen annehmen wollen, so daſs also auch die Gröſse

$$\frac{\frac{1}{2} g}{a^2}$$

die Anziehung der Erde in der Entfernung a bezeichnet, wo a der Halbmesser der Erdbahn in Erdhalbmessern ausgedrückt ist. Da sich aber, für dieselbe Entfernung, die Anziehung zweier Körper wie ihre Massen verhält, so hat man, wenn wieder m die Masse der Sonne, die der Erde als Einheit angenommen, bezeichnet,

$$m : 1 = \frac{2\pi^2 a}{T^2} : \frac{\frac{1}{2} g}{a^2}$$

oder es ist

$$m = \frac{4\pi^2 a^3}{g T^2}.$$

Um diesen Ausdruck zu berechnen, hat man für die siderische Revolution der Erde

$T = (365,256384)\,(24)\,(60)^2$ Secunden.

Die halbe groſse Axe der Erdbahn, in Theilen des Erdhalbmessers ausgedrückt, ist $a = \frac{1}{\text{Sin.}\,8'',6}$, wenn die Sonnenparallaxe gleich 8″,6 angenommen wird. Endlich ist nach dem Vorhergehenden $g = 0,000001540849$. Man hat daher

Digitized by Google

$$\text{Log.}\,4\pi^2 = 1{,}5963598$$
$$\text{Log.}\,a^3 = 3{,}1397798$$
$$4{,}7361396$$
$$\text{Log.}\,T^2 = 4{,}9982230$$
$$9{,}7379166$$
$$\text{Log.}\;g = 4{,}1877617$$
$$\text{Log.}\;m = 5{,}5501549$$
$$m = 354940$$

so daſs daher $m = \mu^2 = 354940$ die Masse der Sonne g
der Erde ausdrückt, was vollkommen mit der oben
angenommenen Sonnenmasse übereinstimmt.

VII. Da die Gleichungen (A) in Nr. V in diesen
schon öfter angeführt worden und da sie überhaupt d
ganze Gebiet der Astronomie von der gröſsten Wichtig
so wird es nicht unangemessen seyn, hier noch die In
derselben auf die einfachste Weise zu geben.

Multiplicirt man die erste dieser drei Gleichungen
und die zweite durch $-x$, so giebt die Summe die
ducte

$$0 = \frac{y\,\partial^2 x - x\,\partial^2 y}{\partial t^2},$$

wovon das Integral ist

$$y\,\partial x - x\,\partial y = C.\partial t,$$

wenn C irgend eine Constante bezeichnet. Behand
ebenso die zwei andern Paare dieser Gleichungen, s
man die drei folgenden Ausdrücke

$$\left.\begin{array}{l} y\,\partial x - x\,\partial y = C\,.\partial t \\ z\,\partial x - x\,\partial z = C'.\partial t \\ z\,\partial y - y\,\partial z = C''.\partial t \end{array}\right\}.$$

Multiplicirt man aber von diesen letzten drei Gleichun
erste durch z, die zweite durch $-y$ und die dritte
so ist ihre Summe

$$0 = C''x - C'y + Cz,$$

und da diese Gleichung zeigt, daſs die gesuchte Bahn
neten in einer Ebene liegt, die durch den Mittelpu
Sonne, als den Anfangspunct der Coordinaten, geht, s
man diese Ebene der Bahn als die der coordinirten Eb

Digitized by Google

nehmen. Dadurch wird z und $\partial^2 z$ gleich Null, und die Gleichungen (A) sind den zwei folgenden gleichgeltend:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + \frac{m x}{r^3} &= 0 \\ \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{m y}{r^3} &= 0 \end{aligned}\right\} \ldots \quad (B)$$

iesen beiden Gleichungen findet man sofort die beiden die ersten Integrale:

$$\frac{\partial x^2 + \partial y^2}{\partial t^2} - \frac{2m}{r} + \frac{m}{a} = 0$$

$$x \partial y - y \partial x = \partial t . \sqrt{m p},$$

m und p die Constanten der Integration bezeichnen. Setzt aber $x = r \,\mathrm{Cos.}\, v$ und $y = r \,\mathrm{Sin.}\, v$, so gehn die beiden Gleichungen in folgende über:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial r^2 + r^2 \partial v^2}{\partial t^2} - \frac{2m}{r} + \frac{m}{a} &= 0 \\ r^2 \partial v = \partial t . \sqrt{m p} & \end{aligned}\right\} \ldots \quad (C)$$

nirt man aus ihnen die Gröſse ∂t und setzt man der Kürze $r = \frac{1}{z}$, so hat man

$$\partial r = \frac{p \partial z}{\sqrt{1 - \frac{p}{a} - (1 - p z)^2}},$$

das Integral ist

$$p z = 1 + \sqrt{1 - \frac{p}{a}} . \mathrm{Cos.}\, v,$$

gesetzt, daſs $r = p$ für $v = 90°$ ist. Stellt man den von $z = \frac{1}{r}$ wieder her und setzt $1 - \frac{p}{a} = e^2$, so hat

$$r = \frac{p}{1 + e \,\mathrm{Cos.}\, v} = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \,\mathrm{Cos.}\, v}$$

ie gesuchte Gleichung der Bahn, die also ein Kegelschnitt und zwar eine Ellipse, Hyperbel oder Parabel, jenachdem

a positiv, negativ oder unendlich, oder auch jenacl kleiner, gröſser, oder ebenso groſs als die Einheit ist.

Eliminirt man ∂v aus den beiden Gleichungen (C)

$$\partial v = \frac{r \partial r . \sqrt{\frac{a}{m}}}{\sqrt{a^2 e^2 - (a-r)^2}} .$$

Diesen Ausdruck einfacher zu machen, sey

$$r = a(1 - e \operatorname{Cos.} u),$$

so hat man

$$\partial t . \sqrt{\frac{m}{a}} = (1 - e \operatorname{Cos.} u) . \partial u ,$$

wovon das Integral ist:

$$t . \sqrt{\frac{m}{a^3}} = u - e \operatorname{Sin.} u ,$$

wenn u mit t zugleich verschwindet. Die letzte G giebt u für jede Zeit t, und wenn so u bekannt ist, so r und v durch die Gleichungen

$$r = a(1 - e \operatorname{Cos.} u),$$

$$\operatorname{Cos.} v = \frac{a(1-e^2) - r}{e r} .$$

Zur Prüfung der Rechnung hat man auch noch die Gl

$$\operatorname{Tang.} \tfrac{1}{2} v = \operatorname{Tang.} \tfrac{1}{2} u . \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} .$$

Dieses sind dieselben Ausdrücke, deren wir schon öft Erwähnung gethan haben.

VIII. Dabei ist, wie gesagt, auf die Neigung d der Bahn keine Rücksicht genommen worden, indem r nach dem Vorhergehenden immer erlaubt ist, die Gröſ gesetzt hat. Nimmt man aber in den Gleichungen Nr. V die Axe der x in der Linie der Nachtgleichen coordinirte Ebene der xy in der Ebene der Ekliptik senkrecht auf die Ekliptik an, so müssen die Integ drei Gleichungen (A) eigentlich sechs endliche Gle

1 S. Art. *Mechanik*. Bd. VI. S. 1569 oder *Mittlerer Plane* S. 2313.

Digitized by Google

mit ebenso vielen Constanten geben. Nennt man n und k die Neigung und die Länge des Knotens der Bahn in der Ekliptik, ω die Länge des Perihels weniger der Länge des Knotens, und behält man die vorigen Bezeichnungen von a, e, u, r, v und $\mu = \sqrt{m}$ bei und setzt überdieſs A gleich der Epoche der mittleren Anomalie für den Anfang der Zeit t oder für t = 0, so sind die sechs erwähnten Integrale, wie man leicht sieht, wenn man die in (VII) erhaltenen Gleichungen mit den zwei letzten verbindet, die oben[1] angeführt worden sind, wie folgt:

$$\left.\begin{array}{l} \frac{\mu t}{a^{\frac{3}{2}}} + A = u - e\,\mathrm{Sin.}\,u \\ \mathrm{Tang.}\,\frac{1}{2}v = \mathrm{Tang.}\,\frac{1}{2}u \,.\, \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \\ r = \frac{a(1-e^2)}{1+e\,\mathrm{Cos.}\,v} \\ \ldots r\,\mathrm{Cos.}(v+\omega)\,\mathrm{Cos.}\,k - r\,\mathrm{Sin.}(v+\omega)\,\mathrm{Cos.}\,n\,\mathrm{Sin.}\,k \\ \ldots = r\,\mathrm{Cos.}(v+\omega)\,\mathrm{Sin.}\,k + r\,\mathrm{Sin.}(v+\omega)\,\mathrm{Cos.}\,n\,\mathrm{Cos.}\,k \\ \ldots = r\,\mathrm{Sin.}(v+\omega)\,\mathrm{Sin.}\,n \end{array}\right\} \quad \ldots \quad (D)$$

Ohne die Integrationen der drei Gleichungen (A) hier umständlich auszuführen[2], wird es genügen, durch die Differentiation der Gleichungen (D) uns von der Richtigkeit jener Integrationen zu überzeugen. Bemerken wir noch, daſs diese Integrationen sechs Constanten einführen, die hier als die sechs Elemente der Bahn erscheinen, nämlich

a oder die halbe groſse Axe der Bahn,
e oder die Excentricität der Bahn,
ω oder die Distanz des Perihels vom Knoten,
A oder die Epoche der mittleren Anomalie,
k oder die Länge des aufsteigenden Knotens,
n oder die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik.

… man nun, die angezeigten Differentiationen auszuführen,

---

1 S. Art. *Tabellen*. Bd. IX. S. 21.
2 Vergl. Littrow's theor. und prakt. Astronomie. Wien 1821. … S. 29.

Digitized by Google

$p = a(1 - e^2)$, so sind die Differentiale der dre[i] der Gleichungen (D)

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\mu}{a^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{a}{r}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\mu \sqrt{p}}{r^2}$$

$$\frac{\partial r}{\partial t} = \frac{\mu . e}{\sqrt{p}} \text{Sin.}\, v$$

und damit erhält man sofort auch die Differentiale [der] letzten der Gleichungen (D), wie folgt:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = -\frac{\mu}{\sqrt{p}} (\text{Sin.}(v + \omega) + e\,\text{Sin.}\,\omega)\,\text{Cos.}\,k$$

$$-\frac{\mu}{\sqrt{p}} (\text{Cos.}(v + \omega) + e\,\text{Cos.}\,\omega)\,\text{Sin.}\,k\ (\ldots$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{\mu}{\sqrt{p}} (\text{Sin.}(v + \omega) + e\,\text{Sin.}\,\omega)\,\text{Sin.}\,k$$

$$+\frac{\mu}{\sqrt{p}} (\text{Cos.}(v + \omega) + e\,\text{Cos.}\,\omega)\,\text{Cos.}\,k$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} = +\frac{\mu}{\sqrt{p}} (\text{Cos.}(v + \omega) + e\,\text{Sin.}\,\omega)\,\text{Sin.}\,n\,,$$

und wenn man endlich diese drei letzten Ausdrücke noc[h] differentiirt und den vorigen Werth von

$$\partial v = \frac{\mu}{r^2} \partial t . \sqrt{p}$$

substituirt, so erhält man

$$\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = -\frac{\mu}{\sqrt{p}} \cdot \frac{x}{r} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} \text{ oder } \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = -\frac{\mu^2 x}{r^3}$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -\frac{\mu}{\sqrt{p}} \cdot \frac{y}{r} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} \quad \cdot\,\cdot \quad \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -\frac{\mu^2 y}{r^3}$$

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = -\frac{\mu}{\sqrt{p}} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} \quad \cdot\,\cdot \quad \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = -\frac{\mu^2 z}{r^3}$$

und dieses sind dieselben Gleichungen (A), von welc[h]

Digitized by Google

…gegangen sind, ſo daſs demnach die sechs angeführten …ſätzen (D) ihre volle Richtigkeit haben.

E. Verſchiedenheit der Himmelskörper.

In unſerm Sonnensyſteme bemerken wir, mit der einzigen …nahme des Saturnsrings, an der Sonne, den Planeten und … Satelliten durchaus nur Kugelgeſtalten. Die Kometen …, die durch ihre groſse Anzahl die eigentliche Bevölkerung …s Sonnenſtaates bilden, weichen beinahe alle von dieser …b und nehmen, oft ſelbſt einer und derselbe bei ver…denen Erſcheinungen, die mannigfaltigſten Geſtalten an. … kommen alle diese Himmelskörper überein, daſs … ſämmtlich um einen ihnen allen gemeinſchaftlichen …körper, und zwar nach einem und demſelben Geſetze, …gen. So weit wir die Natur und den unerſchöpflichen …thum ihres Bildungstriebes kennen, wird es uns erlaubt, … andere Formen und Einrichtungen, als die in dieser … Umgebung bemerkten, jenſeit der Grenzen unſeres …nſyſtems in den unendlichen Räumen des Weltalls zu ver…, und diese Vermuthungen ſind auch durch die Kraft … Fernröhre bereits beſtätigt worden.

Hierher gehören zuerſt die *Nebelflecke* und *Sternhauſen* … mannigfaltigen Geſtalten. Mehreres über die Formen … iſt bereits oben[1] geſagt worden, daher wir hier nur … übrigen nothwendigen Bemerkungen nachzutragen …[2].

---

[1] Art. *Nebelflecke*. Bd. VII. S. 53.

[2] Die älteſten Verzeichniſſe derselben, die des älteren Herschel, … den Philos. Transact. für die Jahre 1786, 1789 und 1802 enthal…; … dieſen hat Bode in ſeinen Berl. Jahrbüchern für 1791 und … wie J. W. Pfaff in ſeinem Werke: Schriften Herschel's, … 1826, Ueberſetzungen, Auszüge und Kataloge geliefert. Der … Herschel hat erst in den letzten Jahren die meiſten dieser …stände revidirt und nach ſeinen eigenen Beobachtungen ein Ver…niſs von 2306 Nebeln und Sterngruppen in den Phil. Transact. für … mitgetheilt. Ein anderes, älteres, immer noch ſchätzbares Ver…niſs iſt das von Messier in der Conn. des temps für 1783 und … in den Mém. de l'Acad. de Paris 1771. Ein neues, umfas…des Verzeichniſs dieser Gegenſtände hat der jüngere Herschel zu-

Digitized by Google

Wenn man die hiervon verfaſsten Kataloge näher bet
so bemerkt man, daſs einige weitverbreitete Gegenden de
mels besonders reich an diesen Gegenständen sind. G
lich trifft man sie in ganzen groſsen Lagern neben e
geschichtet, und man kann selbst sagen, daſs die meist
selben eine Art Zone bilden, die in der Gestalt eines
Kreises, fast wie unsere Milchstraſse, über den ganzen
zieht. Diese Nebelzone durchschneidet die Milchstraſse
unter rechten Winkeln und geht auch in der Nähe
den Nachtgleichenpuncte durch die Ekliptik. Besonder
findet man sie in dieser Zone bei den Sternbildern der
frau, des groſsen Bären und des Haupthaars der Berenice.
von diesen merkwürdigen Gegenständen des Himmels las
durch unsere Fernröhre in die einzelnen Sterne, aus wel
daher bestehn, auflösen, und diese sind daher die eige
Sternhaufen oder *Sterngruppen.* Bei andern aber gelir
ses, auch für unsere besten Fernröhre, nicht, und wi
sie daher für bloſse Lichtanhäufungen, für lichte Masse
bezeichnen sie durch den Namen der *Nebel* oder *Neb*
Doch kann es auch seyn, daſs viele der letzten doch nu
gruppen, gleich jenen ersten, sind, die aber entweder
von uns entfernt sind oder in welchen die einzelnen St
gedrängt stehn, als daſs sie auch unser bestbewaffnete
noch unterscheiden könnte.

Was nun zuerst die von uns als solche erkannten
gruppen betrifft, so erkennt man mehrere derselben sc
freien Augen. Hierher gehört die bekannte Gruppe
Haupthaar der Berenice Rectascension A = 177° 30′,
nation D = 26° 0′; die sogenannte *Krippe* im Krebs A =
D = 20° 30′; der Sternhaufen im Schwertgriff des
A = 31° 30′, D = 56° 22′ und die (unter dem Nan
Gluckhenne bekannten) Pleiaden am Hals des Stiers A =
D = 23° 30′.

Viel gröſser ist aber die Anzahl der bisher bekann
leskopischen Sterngruppen. Bei weitem die meisten d
zeichnen sich durch eine oft ganz genau kugelförmige
aus, und die Sterne, aus welchen sie zusammengeset

---

gesagt, der durch seine lichtstarken Spiegelteleskope vor allen
ist, Beobachtungen dieser Art zu sammeln.

Digitized by Google

an beinahe durchaus von gleicher Gröſse, nur zuweilen an einen oder einige etwas gröſsere Sterne, aber dann nur in der Mitte der Gruppe. Die Anzahl der Sterne, chen sie bestehn, ist oft auſserordentlich groſs, so daſs eigentliches Zählen derselben nicht weiter zu denken ist. im älteren Herschel findet man oft zehn und mehr Sterne auf einen Raum des Himmels zusammenge- der kaum den vierten Theil der Oberfläche des Voll- beträgt. Gegen die Mitte nehmen besonders jene kreis- Gruppen immer an Helle auffallend zu, und dieses ist ob eine optische Täuschung, sondern rührt, wie die n zeigen, von einem wahren Näherrücken der einzel- ne gegen die Mitte der Gruppe her. Welches auch enheit dieser wunderbaren Himmelskörper seyn mag, gelform, die auffallende Symmetrie ihres innern Baues scharfe Begrenzung derselben zeugt von Einheit des und von einer bestimmten, in sich selbst abgeschlos- tur dieser Aggregate von Sonnen, die durch die Kraft gegenseitigen Attractionen durchdrungen und von einem gemeinsamen Bande des Zusammenhangs umschlungen scheinen.

n den Lesern eine Ansicht dieser Gruppen zu geben, wir hier folgende Abbildungen mit:

de *Pleiaden* am Halse des Stiers. Diese Gruppe be- Fig. 123.
af dem Raum eines Kreises von einem Grad im Halb- r aus einem Stern der IV., aus sechs der V., aus fünf I., und aus zweiunddreiſsig Sternen der VIIten Gröſse, vielen anderen noch kleineren.

t eine andere, schon mit freiem Auge erkennbare, stern- Fig. 124.
Gegend im Stier, wo die Sterne β und ζ in den n der beiden Hörner des Stiers stehen.

ie erwähnte Gruppe im Nacken des Krebses. Fig. 125.

as Regengestirn oder die *Hyaden* auf der Stirn des Fig. 126.

ine sehr sternreiche Gegend bei dem Stern Wega in Fig. 127.
eier, der sogenannten *Lucida Lyrae.*

ie Umgegend des groſsen wunderbaren Nebels im Orion, Fig. 128.
hem wir weiter unten reden werden.

n den genannten Gruppen kann man die gröſsern Sterne

wenigstens mit freien Augen oder doch mit sehr mitt
gen Fernröhren sehn. Die beiden folgenden bedürfe
bessere Teleskope.

Fig. 129. Nr. 7 ist eine schöne, an ihren äuſsersten Grenzen
abgerundete, in ihrem mittleren helleren Theile a
nahe kreisförmige Gruppe, deren Beleuchtung gegen
hin schnell zunimmt und um deren Mittelpunct
dicht gedrängten Sterne nicht mehr von einander
werden können. Der Durchmesser des Ganzen bet
Minuten und der hellste Theil ist nahe das Drittel
zen. Diese Gruppe steht im Sternbilde der Waa
A = 227° 30′ und D = 2° 44′.

Fig. 130. Nr. 8 ist eine schöne, kreisrunde und durch gute
bis in die Nähe des Centrums auflösbare Gruppe. C
Mitte ist sie sehr hell und gleichsam flammend, obs
die Sterne nicht dichter stehn, als gegen den Ran
Anblick dieser Sterngruppe gleicht, nach Herschel
druck, dem eines Haufens Goldsand. Der mittler
Theil des Ganzen beträgt sechs Secunden im Dur
Sie steht im Sternbilde des Wassermanns unter A =
und D = 1° 34′ südl.

Es mögen hier noch einige andere der vorzüglichs
stens schon mit mäſsigen Fernröhren gut erkennbare
gruppen folgen.

A = 196° 0′, D = 19° 4′ zwischen Bootes und der
schön rund, in der Mitte stark gedrängt und sehr
Rande etwas ausgezackt. Durchmesser nahe 5 Min

A = 203° 30′, D = 29° 14′ in den Hinterfüſsen des
Jagdhundes. Schöne runde Gruppe von 6 Min. D
ser, die wenigstens tausend Sterne der XIten Gröſse
unter enthält. Aus dem hellen Mittelpuncte scheine
sam Lichtstrahlen auszutreten.

A = 209° 30′, D = 29° 20′ im Bootes, groſs und
Sternen, 10 Min. Durchmesser. Die Sterne sind
XIIten bis XVIIIten Gröſse und die Gruppe hat k
gentlichen Lichtkern. Ihre Mitte, wo die Ster
mein gedrängt stehn, ist selbst für starke Fernröh
lösbar.

A = 248° 45′, D = 36° 48′ zwischen ζ und η im Herk

Digitized by Google

Gruppe von unregelmäſsiger Gestalt, der obigen Fig. 19 sehr ähnlich. Die Sterne der Xten bis XVten Gröſse sehr dicht. Durchmesser des ganzen Bildes 8 Minuten.

=266° 45′, D = 18° 58′ südlich, im Ophiuchus. Eine groſse Gruppe von 60 bis 80 Sternen, die gröſstentheils in regelmäſsigen krummen Linien liegen.

=270° 30′, D = 24° 1′ südlich, im Schützen. Eine schöne kugelförmige Gruppe, allmälig heller gegen die Mitte, aber ohne eigentlichen Kern. Die Sterne derselben sind der XIIten bis IXten Gröſse und scheinen durchaus gleich vertheilt zu seyn. Die Grenze des Ganzen ist verwaschen.

=280° 45′, D = 6° 28′ südlich im Sobieski'schen Schild, eine schöne, aber unregelmäſsige Gruppe von nahe 12 Min. Durchmesser. Die Sterne sind beinahe alle der XIIten Gröſse, mit einem helleren der IXten Gröſse in der Mitte. Das ganze Bild scheint in 5 oder 6 Gruppen gesondert zu seyn.

283° 30′, D = 29° 53′ zwischen Schwan und Leier. Eine gedrängte Gruppe, die nahe die Gestalt eines Dreiecks hat. Gröſster Durchmesser 3 Min.

=320° 30′, D = 21° 26′, zwischen Pegasus und Delphin, hell, unregelmäſsig abgerundet, in der Mitte gleichsam eine wulstige Erhöhung, aus der Lichtstreifen gegen die Peripherie zu gehn scheinen.

=353° 0′, D = 55° 46′ in der Cassiopeia, eine schöne, runde Gruppe von 15 Min. Durchmesser, reich an gedrängten Sternen der Xten bis XVIIIten Gröſse.

Mehrere Sterngruppen haben einen gröſseren, gewöhnlich gezeichnet gefärbten Stern in ihrer Mitte. Dahin gehören

32° 30′, D = 56° 22′ im Perseus mit einem rothen Stern in der Mitte.

77° 0′, D = 39° 9′ im Fuhrmann mit einem orangefarbenen Stern.

321° 15′, D = 50° 50′ im Schwan, mit einem röthlichen Stern.

324° 30′, D = 52° 55′ im Schwan. Ein sehr merkwürdiger Gegenstand, nämlich ein ovaler Ring, der von sehr vielen, kleinen und dicht gedrängten Sternen gebildet wird.

Digitized by Google

In der Mitte dieses Ringes steht ein Stern IXter Gr
rother Farbe.

Die folgenden Gruppen haben einen Doppelstern
Mitte:

A = 37° 45′, D = 42° 3′ im Perseus,
A = 74° 15′, D = 37° 9′ im Fuhrmann,
A = 100° 45′, D = 0° 39′ im Einhorn,
A = 299° 45′, D = 35° 18′ im Schwan,
A = 357° 0′, D = 60° 15′ im Cepheus u. s.

Nebst den oben erwähnten dreieckigen Gruppen si
auch eine viereckige in A = 290° 45′, D = 19° 55′ i
die 3 Min. lang und 2 Min. breit ist. In A =
D = 59° 39′ endlich sieht man eine andere helle Gru
aus zwei geraden nahe parallelen Linien von dicht an
gestellten Sternen besteht, zwischen welchen mehre
kleinere ausgestreut sind.

Wir gehen nun zu der zweiten Gattung dieser K
den eigentlichen *Nebelmassen* des Himmels, über.
was bereits oben[1] über diesen noch sehr wenig bekan
genstand gesagt worden ist, setzen wir zuerst die
That ungeheuere Ausdehnung hinzu, welche manche,
einer feinen, lichten Nebelmasse bedeckte Gegenden
mels haben. Herschel fand solche Nebelflecke, der
fläche bis acht Quadratgrade am Himmel umfaſst. Ni
die Entfernung einer solchen Lichtwolke auch nur gle
Sternweite (oder gleich vier Billionen geogr. Meilen)
muſs der wahre Durchmesser dieser Wolke schon gegen
Millionen Meilen betragen, also 500mal gröſser seyn,
Umfang der ganzen Uranusbahn, deren Durchmesser 8
Meilen beträgt. Allein diese groſsen, weitverbreitet
sind meistens sehr schwach und düster, nur durch d
sten Teleskope zu erkennen, in allen ihren Theilen na
stark gefärbt und in ihren Grenzen endlich sehr ve
Die meisten anderen Nebel haben einen oder auch
hellere Theile und sind gewöhnlich viel kleiner, als
sten. Meistens ist dieser hellere Theil kreisrund,
wenn er zugleich sehr licht ist. Diese *Kernnebel*,

1 S. Art. *Nebelflecke*. Bd. VII. S. 53.

Digitized by Google

nnen könnte, trifft man selten allein, sondern gewöhn- a ganzen Gruppen am Himmel an, gleichsam als ob sie in weitverbreiteten Nebeln der ersten Art durch Zerrei- oder durch theilweise Verdichtung des ersten Nebelstoffes nden wären. Solche Lager von kleineren Nebeln sieht n der Berenice, im groſsen Bären, in der Andromeda u.

meisten dieser isolirten Nebel sind kreisrund oder el- gestaltet, und ihr Licht nimmt gewöhnlich gegen die schnell an Lebhaftigkeit zu. Solche kreisförmige Nebel z. B.:

8° 0′, D = 8° 39′ in den Fischen, Durchmesser 1

5° 30′, D = 13° 0′ im groſsen Löwen, mit einem run- [illegible]en Kern;

73° 45′, D = 45° 4′ scharf begrenzt und licht, mit Durchmesser von 3 Min.;

° 15′, D = 18° 20′ südl. von 4 Min. Durchmesser, [illegible]ngenträger;

21° 0′, D = 6° 49′ eine schöne, helle, scharf be- Scheibe von 8 Min. Durchmesser im Schlangenträger, m Zwielichte durch bessere Fernrohre sichtbar.

folgenden sind elliptisch geformt:

8° 0′, D = 21° 53′ im Stier, 4 Min. lang und 3 Min.

° 45′, D = 50° 49′ im groſsen Bären, 30 Sec. lang Sec. breit, in der Mitte sehr hell;

4° 15′, D = 69° 52′ im groſsen Bären, gegen die sehr hell, und mit 3 bis 4 Min. langen Strahlen, die s Centrum des Nebels ausgehn;

° 15′, D = 33° 31′ im Pegasus, 90 Sec. lang und breit, gegen die Mitte heller.

sieht man auch *Doppelnebel* oder zwei einander nicht zur Berührung oder Ineinanderflieſsung nahe stehende wie aus der Zeichnung ersichtlich ist. Solche sind: Fig. 131. u. 132.

° 45′, D = 29° 49′ in den Zwillingen, zwei berührende runde Nebel, die beide beinahe sternartig ;

Digitized by Google

A = 178° 15′, D = 17° 55′ südlich, im Becher, zwei ander flieſsende Nebel, beide in der Mitte heller;

A = 187° 0′, D = 12° 8′ in der Berenice, ein sehr Doppelnebel. Beide sind rund und hell. Ihre Durc betragen 45 und 60 Sec.

Hierher gehören auch die sogenannten *planetarische* kreisrund, scharf begrenzt und durchaus in allen ihre len von demselben Lichte beleuchtet, so daſs sie al wie die vorhergehenden, gegen die Mitte an Helligkei men. Die Oberfläche derselben scheint mit einem leic pigen, flockigen Lichte überzogen. Wenn sie, wie si bezweifeln läſst, selbstleuchtende Körper sind, so Glanz ihres Lichtes weit unter dem unserer Sonn Vielleicht ist ihr Licht von einer ganz andern Art, phosphorescirend; vielleicht bestehn sie selbst nur au durchsichtigen, mit Gasarten gefüllten Kugelschalen; ziehn sie endlich durch ihre ungeheure Masse ihr eige mit einer solchen Kraft an sich, daſs dasselbe nicht und ungehindert ausströmen kann, wie sie denn, sel sie auch nur eine Sternweite (4 Bill. Meilen) von un wären, schon die Bahn des Uranus an Umfang übertref den. Die Gestalt eines solchen planetarischen Nebels
Fig. 133. licht die Zeichnung. Einige der vorzüglichsten sind:

A = 113° 30′, D = 14° 20′ südlich im Einhorn, im Durchmesser, mit einem feinen Sternchen in puncte;

A = 224° 45′, D = 19° 6′ ein planetarischer Nebel tes von ganz ungewöhnlicher Gröſse. Sein Dia volle sechs Minuten. Das ganze Bild scheint mit sc sternartigem Lichte zu scintilliren, und der kugelfö bel selbst ist in einiger Entfernung von seinem R einem concentrischen feinen Nebelring umgeben;

A = 271° 0′, D = 6° 49′ sehr groſs und scharf begr 8 Min. im Durchmesser, mit einem gleichförmigen chen Lichte überzogen, im Sternbilde des Ophiucl

A = 302° 15′, D = 30° 2′ im Schwan, einer de planetarischen Nebel, von 15 Min. Durchmesser; der Mitte etwas dunkler scheint, so ist er vielleicht förmiger Körper;

Digitized by Google

A=333° 45′, D = 12° 2′ südlich im Wassermann; Durchmesser 5 Minuten.

Eine eigene Classe dieser räthselhaften Himmelskörper wird von den sogenannten *Sternnebeln* gebildet, nämlich von einzelnen Fixsternen, die aber von Nebeln auf eine Art umgeben sind, daſs beide sehr wahrscheinlich zusammen gehören. Sie sind vielleicht in ihrer Ausbildung schon weiter vorgerückte Nebel, in welchen sich die früher noch matte und weitverbreitete Lichtmasse der Mitte zu einem concentrirten Lichtpunct, zu einem eigentlichen Fixsterne aufgehellt hat.

A=109° 45′, D = 21° 15′ in den Zwillingen. Ein Stern der VIIten Gröſse, genau in der Mitte eines kreisrunden lichten Nebels von 25 Sec. Diameter. Ein ähnlicher ist A = 184° 0′, D = 5° 53′ in der Jungfrau, dessen heller Nebel schon im Fernrohre sichtbar ist. Fig. 134.

A=109° 30′, D = 26° 26′ in den Zwillingen; ein Stern mit einer groſsen, unregelmäſsig ovalen Atmosphäre. Fig. 135.

A=167° 45′, D = 14° 32′ im groſsen Löwen. Ein Stern in der Mitte eines elliptischen, an seinem Ende sehr zugespitzten Nebels. Fig. 136.

A=97° 30′, D = 8° 53′ im Einhorn, ein Stern der XIIten Gröſse, mit einem lichten Nebelschweif von 1 Minute Länge, dem eines Kometen ähnlich. Fig. 137.

Oft sieht man auch zwei und mehr solche Sterne in eine ... zu ihnen gehörende Nebelmasse eingehüllt, die z. B. in den beiden Brennpuncten oder in den beiden Scheitelpuncten eines elliptischen Nebels stehen, wie die Zeichnung sie darstellt.

... der letzten ist z. B. in A = 192° 45′, D = 35° 47′ in den Jagdhunden, wo die beiden Sterne von der Xten Gröſse sind. Fig. 138.

... sieht man einen Stern der XIten Gröſse mit einem ..., fächerartig ausgebreiteten Nebel, unter A = 131° 45′, D = 54° 25′ im groſsen Bären. Fig. 139.

... ist in A = 181° 45′, D = 14° 6′ im groſsen Löwen ein ... heller spindelartiger Nebel, in dessen Mitte ein feiner ... Stern steht. In A = 187° 0′, D = 26° 56′ in der Berenice ... man zwei solche spindelartige parallel stehende Nebel. Fig. 140. Fig. 141.

... würdiger noch ist der Nebel in A = 268° 0′, D = 23° 1′ südlich, im Schützen, der gabelförmig dreigespalten erscheint, Fig. 142.

Digitized by Google

und in dessen dreiarmigem dunklem Zwischenraum ein pelstern steht.

Fig. 143. In A = 33° 0′, D = 41° 34′ im Perseus sieht man einen sehr excentrisch elliptischen Nebel von 4 Min. Län 40 Sec. Breite. In der Mitte desselben ist eine concen ebenfalls elliptische, dunkle Stelle, an deren zwei äu Endpuncten zwei feine Sternchen stehen. Wahrschein diese dunkle Stelle eine Oeffnung des Nebelrings, d schief gegen unsere Gesichtslinie liegt.

Fig. 144. Einen ähnlichen Ringnebel findet man in A = 281° 45′, D= in der Leier. Der äuſsere Durchmesser des Ringes 6,5 Sec., aber die innere Oeffnung ist nicht ganz so wie der äuſsere Hintergrund des Himmels, sondern selb der von einem andern aschgrauen Nebel erfüllt. Das hat das Ansehen eines über einen kreisförmigen Rei spannten Schleiers. Er steht zwischen β und γ der

Fig. 145. In A = 8° 15′, D = 40° 20′ steht der allgemein bekannt Nebel der Andromeda, den man schon mit freien Au merken kann. Er wurde zuerst von Simon Mariu 1612 gesehn. Seine Gestalt ist die eines Doppelkeg dem die beiden Kegel mit ihren Grundflächen auf stehen. Der gröſste Durchmesser des ganzen Bildes dreiſsig Minuten. Sein eigenthümliches, matt däm Licht verglich schon Marius mit dem einer Kerze, di ein dünnes Hornblatt scheint. Dieses Licht nimmt den Mittelpunct, anfangs langsam, später aber sch doch ist es auch in dem Mittelpuncte selbst noch nic nig, wie es denn auch, gleich so vielen andern noch von keinem Teleskope in Sterne aufgelöst wor Zwar sieht man in ihm und um ihn mehrere zerstreut Fixsterne, aber diese scheinen nicht zu ihm zu gehö nur für uns nahe auf derselben Gesichtslinie zu stehn

Fig. 146. A = 200° 30′, D = 48° 5′ im groſsen Bären ist ein rund ter Kern, der in einiger Entfernung von seinem Ra einem concentrischen Nebelringe umgeben ist. Dies selbst ist an einer Seite doppelt oder gespalten. Eine Vervollkommnung der Fernröhre wird uns die wa stalt dieses und des nächstfolgenden merkwürdigen vielleicht näher kennen lehren.

Fig. 147. In A = 298° 0′, D = 22° 17′ im Sternbilde des Fuchses

eiförmiger Nebel, dessen groſse und kleine Axe sich wie 4 zu 3 verhalten. Wenn man aus den beiden Brenn- dieser Ellipse, als aus Mittelpuncten, Kreise zieht, Durchmesser gleich einem Drittheile der groſsen Axe so sind die Oberflächen dieser beiden Kreise in jenem mit einem andern viel helleren und durchaus gleich- beleuchteten Nebel ausgefüllt, während die übrigen des ganzen Bildes nur in einem sehr schwachen dämmern.

verdient hier noch erwähnt zu werden der groſse merk- Fig. 148. Nebel im Orion, unter A=81° 45′, D=5° 30′ in der Nähe von Θ Orion, unter der Mitte des soge- Jakobsstabes. Diesen Nebel beschrieb zuerst Huyghens 1659, spätere Zeichnungen sind von Derham, Godin, Legentil und Messier, und die hier mitgetheilte vom jüngeren Herschel. Dieser Nebel ist durch die seines Anblicks, durch die Eigenthümlichkeit seiner durch die sonderbare Abwechselung des auf ihm ver- Lichts, durch seine groſse Ausdehnung und durch Unerklärbare seines ganzen Wesens vor allen an- ausgezeichnet. Seine Gestalt wird nicht unangemessen des geöffneten Rachens eines Thieres verglichen. Ein dieses Nebels ist ungemein hell, ein anderer sehr blaſs und wieder ein anderer ganz dunkel bis zur völli- Schwärze. Der hellste Theil scheint nicht sowohl in stetigen Lichte zu glänzen, als vielmehr in bewegli- Flammen zu lodern. Die dunkelsten Stellen sind von den ohne Abstufung getrennt. Auch die in ihm und um stehenden Fixsterne zeichnen sich durch einen besonders Glanz aus, und die Stellung der meisten scheint eine Beziehung zu dem Nebel selbst zu haben. In den Theilen desselben sieht man jetzt einige sehr Sternchen, die höchst wahrscheinlich früher nicht da sind. Auch beobachtete Schroeter in diesem Nebel Lichtkörper, die schon nach einigen Tagen verschwunden sind. Welche Veränderungen müssen ungeheuren Nebelmasse vor sich gehn, da sie uns so gewaltigen Entfernung noch so bedeutend er-

Digitized by Google

F. Doppelsterne.

Nebst den Sterngruppen und Nebelmassen, die wir
vorhergehenden Abschnitte betrachtet haben, giebt
eine andere Gattung von Himmelskörpern, die wir
einigen Jahrzehnten näher kennen gelernt haben, und
sere Aufmerksamkeit in einem besonders hohen Grade
gen geeignet sind: die *doppelten und vielfachen Stern*
fügen auch hier das Neueste zu dem, was bereits obe
diesen Gegenstand gesagt worden ist.

Die ungemein groſse Anzahl dieser Sterne macht
ſserst unwahrscheinlich, daſs sie uns nur so nahe stehend
nen, weil sie auf derselben Gesichtslinie, aber viellei
weit hinter einander, stehn; dazu kommt aber noch,
beinahe bei allen eine Bewegung des einen Sternes
andern bemerkt hat, so daſs man also an dem Zusamme
derselben zu einem gemeinschaftlichen System nich
zweifeln kann. Die Doppelsterne sind also keine bloſs
schen Erscheinungen, sondern sind wahrhaft physisch
Fig. 149. Gewöhnlich ist der eine, der Centralstern, viel gröſse
Fig. 150. andere, wie z. B. bei Rigel im Orion oder bei dem P
oft sind aber auch beide sehr nahe gleich groſs, wie b
in den Zwillingen oder bei γ Jungfrau. Ihre Distan
ebenfalls sehr verschieden. So ist bei den sechs in de
letzten Figuren verzeichneten

für Kastor	die Distanz	5	Secunden
– γ Jungfrau	—	3	—
– ζ groſse Bär	—	14	—
– Rigel im Orion	—	9	—
– γ Widder	—	10	—
– Polarstern	—	19	—

Obschon die Doppelsterne bei weitem unter den v
die zahlreichsten sind, so bemerkt man doch auch mehr
fache Sterne, die ebenfalls ein gemeinschaftliches Syst
einander bilden [2].

Ein solcher dreifacher Stern ist z. B. im Orion A =

1 S. Art. *Fixsterne*. Bd. IV. S. 336.

2 Struve führt in seinem Werke: Mensurae stellarum
Petersb. 1837, unter 2787 vielfachen Sternen 64 dreifache, 3
und einen fünffachen an.

Digitized by Google

=14° 15′, von denen zwei der VIIten und der dritte der Gröſse ist. Andere sieht man in Sternbilde des Luchses 1° 30′, D=59° 37′, bei ζ Krebs, ξ Waage, ψ Cassiopeia, ψ Waage u. s. w.

Unter den vierfachen Sternen ist Θ Orion ausgezeichnet. nahe in dem dunkelsten Theile des merkwürdigen des Orion, und die vier Sterne desselben bilden ein Viereck. Obschon dieser schöne Gegenstand schon Zeit von den Astronomen mit den besten Fern- beobachtet worden ist, so entdeckte doch Struve im J. in diesem Viereck noch einen kleinen fünften Stern, der so hell geworden ist, daſs ihn jetzt jeder mit einem Fernrohre versehene Beobachter ohne Anstand sehn kann. daher, daſs dieser *neue* Stern erst in den letzten Zei- und daſs er seitdem im Wachsen begriffen ist. 1830 fand J. South oder Lamond in derselben Ge- noch einen neuen, bisher nicht bemerkten kleinen Stern.

von den Doppelsternen, wie gesagt, der eine sich um bewegt, so kann es sich ereignen, daſs auch, für Stellung gegen dieselben, der eine genau vor dem andern oder daſs uns ein Stern von einem andern bedeckt Wenn nämlich die Bahn des beweglichen Sternes, die Centralstern beschreibt, sehr schief gegen unsere liegt, so wird der bewegliche Stern uns in einer durch den Centralstern gehenden, Linie sich zu bewe- Dieses ist der Fall mit dem Doppelstern τ im A=263° 15′, D=8° 10′ südlich. Der ältere Her- sah ihn im J. 1781 noch als einen obschon bereits sehr Doppelstern, aber sein Sohn und auch Struve sahen ihn 1828 nur noch einfach. Nach einiger Zeit wird er uns Zweifel wieder doppelt erscheinen. Der Doppelstern im Gegentheile wurde von dem älteren Herschel ge- Jahr 1785 als ein einfacher Stern beobachtet, während jetzt doppelt sehen. Dasselbe ist der Fall mit ζ Her- δ Cygni und γ Jungfrau, die früher einfach waren und doppelt gesehn werden.

Berechnung der Bahnen der Doppelsterne.

vorzüglich interessant würde die nähere Kenntniſs der dieser Doppelsterne seyn, und es sind auch bereits

mehrere Versuche zu diesem Zwecke mit verschiedene
gemacht werden. Es ist wohl für sich klar, daſs
stimmungen groſsen Schwierigkeiten unterworfen sind
schon bei den Planeten unseres Sonnensystems den As
so viel Mühe gemacht haben, und da dort noch zwei
hinzukommen, die nur sehr schwer mit einiger Genau
erhalten sind, nämlich erstens die *Entfernung* des Sy
Doppelsterns von uns, und zweitens die *Masse* oder,
selbe ist, die *Charakteristik* des Systems, von der w
oben (Abtheilung D) gesprochen haben. Der erste,
Versuch dieser Art machte, war SAVARY, welcher ei
Methode[1] mitgetheilt und dieselbe auch sogleich auf d
pelstern ξ Ursae majoris angewendet hat. Dieselbe Au
handelte ENCKE[2] auf einem anderen Wege, und er wen
Methode auf den Doppelstern p Ophiuchi an. Im Ja
schlug der jüngere HERSCHEL[3] ein sinnreiches, aber
phisches Verfahren vor, das jetzt, wo dieser Gegenstan
noch gleichsam in seiner Kindheit liegt, sehr nützlic
vielen Fällen sehr angemessen erscheint, das aber
wenn unsere Kenntnisse einmal weiter vorgerückt sey
der eigentlich strengen Berechnung der Beobachtung
nachgesetzt werden müssen. Endlich hat auch MÄDLE
wichtigen Gegenstand seiner gewünschten Ausbildung
bringen gesucht, welchem wir in dem, was über die
mungen dieser Bahnen gesagt wird, hier folgen wolle

Ehe man an die Bahnbestimmungen der Doppelste
sollte die Frage beantwortet werden, welches *Attracti*
diesen Bestimmungen zu Grunde zu legen ist? Wir
bisher in der Natur nur ein einziges dieser Gesetze, d
ton'sche Gesetz der Attraction, nach welchem jeder K
anderen im Verhältniſs seiner Masse und verkehrt
Quadrat der Entfernung anzieht. Die volle und absol
tigkeit dieses Gesetzes für alle Körper unseres Sonne
steht fest und ist über allen weiteren Zweifel erhaben.

1 Connaissance des Temps. 1822 u. 1830.
2 Berliner astron. Jahrbuch. 1832.
3 Mem. of the astron. Soc. T. V.
4 S. Astronomische Nachrichten. Bd. XVI. und Schumache
buch für 1839. Stuttg. 1839. S. 57.

Digitized by Google

..ch für andere Sonnensysteme, auch für jene doppelten ..fachen Sterne? Oder mit andern Worten: Ist das ge.. Universum einer einzigen Grundkraft unterworſen, oder ..s vielleicht mehrere verschiedene Grundkräfte, denen die ..n Partialsysteme des Weltalls unterworſen sind? Ist ..haffene *Ein* groſses harmonisches Ganze, oder ist es ..n Aggregat von unter sich verschiedenen Systemen, groſs ..wunderungswürdig in jedem seiner einzelnen Theile, die ..rch kein gemeinsames Band unter einander verkettet .. Mit einem Worte: giebt es mehrere Welten, oder be.. ..ur eine Welt?

..müssen die Antwort auf diese Frage der späteren Nachwelt .., und sie wird wahrscheinlich nie vollständig gegeben ..können, da es dem menschlichen Geiste nicht gegönnt ..s Grenzenlose, Unendliche des Universums zu umfassen. ..o ist es am einfachsten und natürlichsten, zuerst zu ver.., ob die Bewegungen der Doppelsterne vielleicht dem.. Newton'schen Gesetze unterworſen sind, dem alle Kör.. ..res Sonnensystems bis zu dem entferntesten Kometen ..rien. Sollte sich diese Voraussetzung bestätigen, so ist .. Auflösung unseres Problems, nämlich für die Bahnbe.. ..g der Doppelsterne, schon viel gewonnen.

.. dieser Voraussetzung müssen also folgende drei Be.. ..erfüllt werden.

.. Radius Vector des umlaufenden Sterns muſs in gleichen .. gleiche Flächenräume zurücklegen. Diese Bedingung .. schon aus der Annahme, daſs der stillstehende Körper, .. welchen sich der andere bewegt, auf diesen anderen eine ..nannte *Centralkraft* ausübt, welches auch die nähere ..e seyn mag, wie diese Kraft wirkt, ob sie z. B. ver.. .. wie das Quadrat oder wie der Würfel u. s. w. der Ent.. ..g wirken mag.

.. Bahn des umlaufenden Körpers muſs ein Kegelschnitt .., dessen Brennpunct von dem festen Körper (oder eigent.. .. von dem gemeinschaftlichen Schwerpuncte beider Kör..) eingenommen wird.

..Endlich muſs das Product der anziehenden Masse des Central.. .. in das Quadrat der Umlaufszeit des bewegten Kör.. ..dividirt durch den Würfel der Entfernung beider Kör..

Digitized by Google

per eine constante Gröſse seyn, wie aus dem folgt, w
(Abtheilung D) über die Charakteristik des Sonne
gesagt worden ist. Die letzte Bedingung kann aus
obachtungen nur dann abgeleitet oder geprüft werde
zwei oder mehrere Begleiter sich um einen Centrals
wegen. Bei der zweiten Bedingung muſs noch beme
den, daſs in einer projicirt (von der Seite) gesehen
der ruhende Stern nicht mehr im Brennpuncte des (
gesehenen) Kegelschnittes liegen wird, während
Bedingung auch für schief gegen uns liegende Bah
verändert gilt.

Ist also die Bahn des Doppelsterns ein Kegelsch
hat man eben die sechs Elemente, wie bei den Planete
zu bestimmen, nämlich:

I. die Umlaufszeit oder statt derselben die (ihr g
tende) mittlere jährliche Bewegung;

II. die Excentricität;

III. den Ort des Knotens der Bahn;

IV. die Neigung dieser Bahn;

V. den Ort des Periheliums;

VI. die Epoche des Periheliums.

Dabei ist aber folgendes zu bemerken. Bei der Bes
einer Planeten- oder Kometenbahn unseres Sonnensy
mit dem ersten Elemente (oder der Umlaufszeit) t au
die halbe groſse Axe a der Bahn bestimmt. Bezeichnet
m die Masse der Sonne und π die bekannte Ludolph's
3,14159..., so hat man für alle Körper unseres Sonne
(nach dem in (D) gesagten) die Gleichung

$$\frac{a^3}{t^2} = \frac{m}{4\pi^2},$$

so daſs also, da m bekannt ist, mit der Umlaufszei
schon die Gröſse a gegeben wird. Nicht so bei den S
der Doppelsterne. Da man hier die Masse des Cent
noch nicht kennt, so bilden die beiden Gröſsen t un
zwei besondere Elemente, deren jedes für sich bestim
den muſs. Wir haben daher nebst jenen sechs Element
ein VIItes, nämlich die groſse Axe der Bahn des b
Körpers, zu bestimmen, und zwar kann diese groſse A
lange wir den Abstand dieser Sterne von uns (von e
oder von der Sonne) nicht kennen, nicht in irgend

Digitized by Google

…maſse, sondern nur als ein Winkel oder als der Bogen …größten Kreises gefunden werden, unter welchem Bogen …nämlich jene groſse Axe der Bahn erscheint. Die lineare … dieser Axe können wir nur dann angeben, wenn uns … der Abstand des Sternsystems, oder mit andern Worten, …an die *Parallaxe* des Centralsterns bekannt seyn wird. …lassen wir aber diese Parallaxe einstweilen bei Seite, so …, nach dem Vorhergehenden, sieben Elemente zu be…men. Dazu werden also auch vier vollständige Beobachtun…(deren jede eine Distanz der beiden Sterne und einen Po…winkel des bewegten Sterns enthält) hinreichen, diese … mit ihren sieben Elementen vollständig zu bestimmen. …lich braucht man nur sieben Data aus den Beobachtungen, …sieben beobachtete Distanzen, oder sieben Positionswinkel, …drei Distanzen mit vier Positionswinkeln u. s. w. Allein … sieben beliebig gewählten Angaben wird man immer …diesen Angaben entsprechenden Kegelschnitt ableiten kön…der nämlich durch diese sieben so bezeichneten Puncte …obwohl jene Puncte gar wohl auch einem andern Kegel…angehören könnten, wenn nämlich das vorausgesetzte …liche Attractionsgesetz nicht gültig seyn sollte, so daſs …wenn dieses Gesetz auch erst bei den Doppelsternen nach…werden soll, doch wieder eigentlich acht Beobach…erforderlich sind. Allein gewöhnlich wird man …mehr, als acht solche Data durch die Beobachtungen …haben, und dann werden diese überzähligen Data sehr …mäſsige Mittel zur Bestätigung und selbst zur weitern …erung der ersten Rechnung dieser Bahnbestimmung ab…können.

Das erste Gesetz, daſs nämlich die Kraft des ruhenden … eine eigentliche Centralkraft ist, wird sich sehr leicht …gende Weise prüfen lassen. Kennt man für irgend eine … die Distanz r der beiden Sterne und die jährliche Aen… ∂p des Positionswinkels p, und bezeichnen für eine … von jener beträchtlich entfernte Zeit r′ und $\partial p'$ ähnli…Gröſsen, so müssen diese Gröſsen der Gleichung ent…

$$r^2 . \partial p = r'^2 . \partial p',$$

… das zweite Gesetz statt haben soll.

… eine allgemeine Uebersicht von dem Verfahren einer

Fig. 151. solchen Bahnbestimmung zu geben, sey S der Centra
s s′ s″ s‴ der bewegliche Stern in den vier Beobacl
ten. Man kennt also die vier Distanzen S s, S s′, S s″
so wie die drei Winkel, welche diese Distanzen unt
ihrem gemeinschaftlichen Durchschnittspuncte S bild
den drei Zwischenzeiten dieser vier Beobachtungen.
man die vier Orte des bewegten Sterns durch gera
s s′, s′ s″ und s″ s‴, so erhält man drei geradlinige
in deren jedem man zwei Seiten mit dem von ihn
schlossenen Winkel kennt. Man wird also die Fläc
drei Dreiecke berechnen können, und es wird sich je
handeln, diesen Dreiecken ihre elliptischen Segmen
a′ s′ b′ s″, a″ s″ b″ s‴ so hinzuzufügen, daſs die e
Sectoren s s′ S, s′ s″ S, s″ s‴ S den Zwischenzeiten der
tungen genau proportional sind und für alle vier C
selben Projectionsellipse angehören. Die Gleichunger
diese Bedingungen ausdrücken und denen man al
Rechnung Genüge thun muſs, sind aber transcendent
rect nicht auflösbar), daher man nothwendig mehrere
anstellen muſs, um diesen Zweck zu erreichen. I
also eines der acht Beobachtungsdaten oder auch ein
Zwischenzeiten so lange abändern, bis jene Bedingung
gen vollkommen erfüllt sind und die gefundene El
Beobachtungen gehörig entspricht.

Die so erhaltene Ellipse ist nur die *scheinbare*,
wahre, in welcher letztern der Stern um seinen Cen
in der That einhergeht. Wir beziehen nämlich die b
ten Orte des beweglichen Sterns alle auf eine Eben
die Himmelskugel in demjenigen Puncte berührt, den
tralstern an derselben einnimmt, und in dieser Ebene
auch die scheinbare Ellipse des Sterns, während die
gen diese Ebene unter irgend einem Winkel geneigt is
aber klar, daſs die Mittelpuncte dieser beiden Ellipsen
fallen und beide in jener Ebene liegen, und daſs di
bare Ellipse die Projection der wahren Ellipse in je
ist. Bekanntlich ist nämlich die Projection (nicht
Kreises, sondern auch) der Ellipse wieder eine Ellipse
Projection des Brennpunctes der wahren Ellipse fällt
den Brennpunct der scheinbaren (wie dieses wohl mit
telpuncten dieser zwei Ellipsen der Fall ist), und das

Digitized by Google

beiden Axen dieſer Ellipſen iſt ebenfalls für beide Cur-
ſchinden. Auf jene tangirende Ebene beziehn ſich dann
die beiden Elemente *Knoten* und *Neigung* der wahren
(alſo nicht auf die Ekliptik, wie bei den Planeten).
liegt auch in der Beſtimmung des Knotens eine (bei
unvermeidliche) Zweideutigkeit. Da wir näm-
lich unſere Beobachtungen nicht entſcheiden können, in
Theile der wahren Bahn der Nebenſtern uns näher
der Centralſtern, ſo kann der gefundene Knoten ſo-
auf- als auch der abſteigende ſeyn, und man findet
eigentlich zwei Ebenen, die in Bezug auf jene, das Him-
melsgewölbe tangirende, Ebene dieſelben Knotenlinien und auch
aber entgegengeſetzte Neigungen haben.

Beſtimmung der Maſſe oder der Parallaxe der Doppelſterne.

Bezeichnet man durch m′ die Sonnenmaſſe, durch a′ die
halbe Axe einer Planetenbahn, und durch t′ die Um-
laufszeit dieſes Planeten um die Sonne, ſo hat man nach dem,
was (D) über die Charakteriſtik des Planetenſyſtems ge-
ſagt iſt, die Gleichung

$$m' = 4\pi^2 \cdot \frac{a'^3}{t'^2},$$

wo π = 3,14159.. die Ludolph'ſche Zahl ausdrückt. Sind für
die Bahn eines Doppelgeſtirns m, a und t gleichbedeutende
Größen (iſt alſo m die Maſſe des Centralſterns, gegen wel-
che die Maſſe des Nebenſterns ſehr klein angenommen wird,
a die halbe groſse Axe der Bahn des Nebenſterns und t ſeine
Umlaufszeit um den Centralſtern), ſo iſt ebenſo

$$m = 4\pi^2 \cdot \frac{a^3}{t^2}.$$

Die Diviſion dieſer zwei Ausdrücke giebt

$$\frac{m}{m'} = \frac{a^3 t'^2}{a'^3 t^2}.$$

Wird alſo a in Theilen des Erdbahnhalbmeſſers, t in
Theilen des Erdjahres und m in Theilen der Sonnenmaſſe aus-
gedrückt (oder mit andern Worten, wird von den Gröſsen a′, t′
und m′ jede als die Einheit ihrer Art angenommen), ſo geht
dieſe Gleichung in die folgende über:

Digitized by Google

$$a^3 = m \cdot t^2 \ldots\ldots (1.).$$

Fig. 152. Es bezeichne nun S′ die Sonne und T′ die Erde Central- und s′ den Nebenstern, und sS′ = x die E des Centralsterns von der Sonne. Die halben groſ der Bahnen der Erde und des Nebensterns wollen v zuvor, durch a′ und a ausdrücken, so daſs also S′T′ ss′ = a ist. Dieses vorausgesetzt ist also auch de S′sT′ = π die Parallaxe des Hauptsterns und sS′s′ halbe groſse Axe der Bahn des Nebensterns in Secun gröſsten Kreises des Himmels ausgedrückt, so daſs ma

$$\pi = \frac{a'}{x} \text{ und } \alpha = \frac{a}{x}.$$

Diese beiden Gleichungen geben, da a′ gleich der Ei

$$a = \frac{\alpha}{\pi},$$

und wenn man diesen Ausdruck von a in der obigen (1) substituirt, so erhält man

$$\pi \sqrt[3]{m} = \frac{\alpha}{\sqrt[3]{t^2}} \ldots (E).$$

Diese merkwürdige Gleichung giebt also das P Parallaxe des Centralsterns in die Kubikwurzel sein wenn die Umlaufszeit und die (scheinbare oder in ausgedrückte) halbe groſse Axe der Bahn des Neben kannt ist.

Wir werden weiter unten die Gröſsen α und t fü Doppelsterne angeben. Die folgende kleine Tafel st derselben zur bequemen Uebersicht zusammen.

Sterne	α	t	$\pi \sqrt[3]{m}$
α Geminor. oder Castor	7″,008	230,300 Jahre	0,1865
ξ Ursae major	2″,290	60,460 —	0,1487
γ Virginis . .	5″,350	157,562 —	0,1834
η Coron. bor.	1″,192	43,340 —	0,0965
σ Coronae . .	2″,928	199,95 —	0,0856
p Ophiuchi .	4″,316	80,610 —	0,2313
(3062) Struve	1″,003	84,514 —	0,0545
61 Cygni . .	15″,000	540,000 —	0,2262

Digitized by Google

Setzt man die Maſse des Centralſterns nahe von derſelben wie die Sonnenmaſse, was das einfachſte iſt, da wir die Maſsen der Doppelſterne noch ganz ungewiſs ſind, ſo geben die Zahlen der letzten Columne die *Parallaxen* der in der Tafel erwähnten Doppelſterne. Wollte man die des Centralſterns tauſendmal kleiner nehmen, als die Sonnenmaſse, ſo würde die Parallaxe zehnmal gröſser werden, als die Tafel angiebt, ſo wie bei einer tauſendmal gröſseren Maſse die Parallaxe des Sterns auf den zehnten Theil der vorigen Gröſse reducirt wird. Könnte man endlich auf einem andern Wege die Parallaxe des Doppelſterns finden, ſo würde man auch durch die obige Gleichung (E) die Maſse des Centralſterns in Theilen unſerer Sonnenmaſse beſtimmen.

Es iſt aber viel wahrſcheinlicher, daſs die Maſse des Centralſterns gröſser iſt, als die der Sonne. In unſerm Sonnenſyſteme haben die von Monden begleiteten Planeten durchaus die gröſseren Maſsen, wie dieſes auch, wenn man die Hypotheſe, die Laplace von der Entſtehung des Sonnenſyſtems aufgeſtellt hat, annimmt, nicht wohl anders ſeyn kann. Darf man ſich dieſe Analogie erlauben, ſo wird unſere Sonne, da ſie ein iſolirter, von keiner andern Nebenſonne begleiteter Fixſtern iſt, auch eine kleinere Maſse haben, als die Centralſterne der Doppelſterne. Man wird daher die wahren Parallaxen der in der Tafel angeführten Fixterne eher kleiner als gröſser anzunehmen haben, ſo daſs wir uns nicht leicht Hoffnung machen dürfen, eine Parallaxe zu finden, die einige Zehntheile einer Secunde bedeutend übertrifft. Für den Doppelſtern haben wir oben gefunden $\alpha = 15''$, $t = 540$ Jahre, 3106, und damit giebt die Gleichung (E) $m = \frac{\alpha^3}{\pi^3 t^2}$ oder 0,53 der Sonnenmaſse.

Dieſe Betrachtungen geben uns zugleich ein Mittel, uns eine allgemeine Vorſtellung von den *Durchmeſsern* der Fixſterne zu machen, wie ſie uns in guten Fernröhren, wenn ſie von falſcher Lichte befreit werden, erſcheinen müſsten. Fig. 153.
Es ſeien S und T der Mittelpunct der Sonne und der Erde, P der Mittelpunct eines Fixſterns, und $S'P = \frac{1}{2}\delta'$, ſo wie $\frac{1}{2}\delta$ der ſcheinbare (im Winkel ausgedrückte) Halbmeſser

der Sonne und des Sterns, wie beide von dem Mitt
T' der Erde geſehn werden. Ist überdieſs, wie zu
oder $S's = x$ und $S'T' = a'$ der Halbmesser der Erdb
hat man

$$S'P = a' \text{Sin.} \tfrac{1}{2} \partial' \text{ und } sp = x \text{Sin.} \tfrac{1}{2} \partial,$$

alſo auch

$$\frac{\partial}{\partial'} = \frac{sp}{S'P} \cdot \frac{a'}{x},$$

oder da $a' = 1$ und nach dem Vorhergehenden $x = \frac{a'}{\pi}$:

$$\frac{\partial}{\partial'} = \frac{sp}{S'P} \cdot \pi.$$

Ist dann überhaupt M die Masse, D die Dichti
V das Volumen eines Körpers, so hat man die bekannte

$$M = D.V,$$

woraus folgt, daſs sich bei zwei Kugeln von gleicher
keit die Massen wie ihre Volumina, das heiſst, wie
fel ihrer Halbmesser verhalten. Nimmt man alſo, da
Näheres wissen, die Dichte des Sterns nahe gleich d
der Sonne, ſo ist

$$\frac{m}{m'} = \left(\frac{sp}{S'P}\right)^3,$$

und dieses in den obigen Ausdruck für $\frac{\partial}{\partial'}$ substituirt

$$\partial = \pi \partial' . \sqrt[3]{\frac{m}{m'}},$$

oder da die Masse m' der Sonne gleich der Einheit

$$\partial = \pi \partial' . \sqrt[3]{m} = \pi \text{Sin.} \partial' . \sqrt[3]{m}.$$

Es ist aber der mittlere ſcheinbare Halbmesser
$\tfrac{1}{2} . \partial' = 0° 16' 0'',8$, alſo ist auch der ſcheinbare Durc
des Fixsterns

$$\partial = 0{,}009316 \pi \sqrt[3]{m} \ldots (F).$$

Substituirt man in dieser Gleichung die Werthe
aus der vorhergehenden Tafel, ſo erhält man für die
ren *Durchmesser* jener Fixsterne:

	scheinb. Durchmesser.
α Geminorum . .	0″,0017
ξ Ursae maj. . .	0,0014
γ Virginis . . .	0,0017
η Coronae bor. .	0,0009
σ Coronae bor. .	0,0008
p Ophiuchi . . .	0,0021
(3062) Struve . .	0,0005

… gröſste dieser Durchmesser noch nicht gleich dem …ten Theile einer Raumsecunde, so daſs wir also … Hoffnung aufgeben müssen, den scheinbaren Durch… eines Fixsterns durch directe Messung je zu erhalten. …monirt denn auch das beobachtete plötzliche Ver… der Sterne hinter dem Monde oder den Planeten. … Raum von $\frac{2}{1000}$ Secunde zu durchlaufen, braucht der … $\frac{1}{300}$ Zeitsecunde, so daſs also, bei der beinahe un… Atmosphäre des Mondes, jene Sternverschwindungen … Sache eines untheilbaren Augenblicks seyn können.

… wird der Ort seyn, SAVARY's sehr sinnreiche Me… die Parallaxe der Doppelsterne zu bestimmen, zu erwäh… Wenn die Ebene der Bahn, die wir hier, der Kürze we… kreisförmig voraussetzen, auf der Gesichtslinie von der … den Sterne senkrecht steht, so werden alle Puncte … Bahn nahe gleichweit von der Erde entfernt seyn. … aber umgekehrt die Ebene der Bahn nahe in diese Ge… fällt, so wird der Nebenstern um den Centralkörper … gerade Linie zu beschreiben scheinen, in deren Mitte … Centralkörper liegt, und die Puncte m A n der der Erde T … Hälfte der Bahn werden alle näher bei der Erde … als die entsprechenden Puncte der zweiten, von der Erde … Hälfte m B n. Nehmen wir an, der Nebenstern … sich von A nach m, B und n, so wird der Durchmes… AOB die Bahn in zwei Hälften theilen: in die erste Hälfte … in welcher sich der Nebenstern von der Erde entfernt, … die zweite BnA, in welcher er sich wieder der Erde …. Obschon nun in einem Kreise die Bewegung nicht … als gleichförmig sein kann, so wird er uns doch die … aOa hin und zurück mit einer veränderlichen Geschwin… zurückzulegen scheinen. Wenn er für uns in der Mitte …

Fig. 154.

O der Linie mOn erscheint, wenn er also in der That Puncte A oder B ist, so wird die Richtung seiner (imme groſsen) Geschwindigkeit senkrecht auf die Gesichtsli stehen und daher diese Geschwindigkeit selbst am gröſ scheinen. Wenn er aber in den beiden Puncten m un ner Bahn ist, so wird hier für uns seine Geschwindig kleinsten sein. Allein diese Verschiedenheit seiner (bloſs baren) Geschwindigkeiten wird ihn nicht hindern, jed Om oder On der Linie mn, sowohl hin als zurück, i derselben Zeit zurückzulegen, oder mit andern Worten Unterschiede in der Richtung seiner Bewegung werden Zeit, in welcher der Nebenstern die erste Hälfte A die zweite BnA zurücklegt, keinen Einfluſs haben. All der Halbmesser seiner Bahn Om oder On so groſs se daſs selbst das Licht noch mehrere Tage oder Wo brauchte, um ihn zu durchlaufen, dann würden die Z halben Revolution durch die zwei genannten Hälf und BnA nicht mehr gleich groſs seyn, sondern würde uns gröſser erscheinen, als die zweite.

Um dieses besser zu übersehn, wollen wir annel Nebenstern gebrauche genau 1000 Tage, seine ganze den Centralstern O zu durchlaufen, und der Halbmesser betrage 36200 Millionen Meilen, die das Licht in zurücklegt. Wenn wir ihn heute in dem Puncte Bahn, also bei dem Centralsterne O sehen, so wird er in 250 Tagen den vierten Theil seines Umkreises zu haben und daher in dem Puncte m seyn. Allein die Punct m ist nahe um den Halbmesser der Satelliten der Erde T weiter entfernt, als der erste Punct A, u Licht 10 Tage gebraucht, diesen Halbmesser zu d so werden wir ihn nicht nach 250 Tagen, sondern 10 Tage später, also erst in 260 Tagen nach jener dem Puncte m ankommen sehen, weil nämlich das v seiner Ankunft in m ausgesendete Licht erst in 10 T ter bei der Erde ankommen kann, als wenn es von d A ausgegangen wäre. Ganz dasselbe wird auch von d B gelten, von welchem das Licht, um bis zu uns zu wieder 10 Tage mehr, als von m, also 20 Tage mehr, aus, gebrauchen wird. Die Folge davon wird seyn, daſs stern die erste Hälfte AmB seiner Bahn (oder daſs e

die gerade Linie Om hin und zurück) nicht in 500 Tagen (wie er in der That thut), sondern für uns erst in 520 Tagen zurückzulegen scheinen wird.

Der umgekehrte Fall wird in der zweiten Hälfte BnA seiner Bahn eintreten, wo der Nebenstern von seinem entferntesten Puncte B bis zu dem der Erde nächsten Puncte A übergeht. Wenn wir nämlich den Nebenstern am 520sten Tage nach der ersten Beobachtung in der Richtung TAB sehn, so wird er nach weitern 250 Tagen zwar in der That genau den vierten Theil seiner Bahn zurückgelegt haben, aber für uns wird er in derselben Zeit einen gröſsern Bogen zu durchlaufen scheinen, weil das Licht, so wie der Stern von B nach n vorrückt, einen immer kürzern Weg, um bis zu uns zu gelangen, haben, also auch immer eine kürzere Zeit dazu verwenden wird. Er wird also wieder um 10 Tage früher in n und 20 Tage früher in A erscheinen, als dieſs geschehen wäre, wenn der Durchmesser der Bahn viel kleiner gewesen, oder auch, wenn die Geschwindigkeit des Lichtes noch vielmal gröſser wäre, als sie in der That ist.

Man wird also den Nebenstern die erste Hälfte AmB seiner Bahn in 520 und die zweite Hälfte BnA in 480 Tagen durchlaufen sehn. Die Summe beider Zahlen beträgt wieder 1000 Tage oder die *wahre* Umlaufszeit des Sterns, wie es auch seyn muſs, weil diese von der Geschwindigkeit des Lichtes verursachten Ungleichheiten zu beiden Seiten der Gesichtslinie TAB sich wieder aufheben. Jene beobachteten Hälften der Umlaufszeit sind daher um 20 Tage, d. h. um ebenso viele Tage verschieden, als das Licht gebraucht, um den Durchmesser AB der Bahn des Nebensterns zu durchlaufen. Da aber das Licht, wie bekannt, in jedem Tage 3620 Millionen Meilen durchläuft, so beträgt die wahre Gröſse des Durchmessers dieser Bahn 20mal 3620 oder 72400 Millionen Meilen. Kennt man demnach einmal die absolute Gröſse des Halbmessers der Bahn eines Doppelsterns, so ist es sehr leicht, auch die Distanz OT des Centralsterns O von der Erde T oder die Parallaxe des Sterns zu finden. Zu diesem Zwecke braucht man nämlich nur (wenn anders der Durchmesser mn der Bahn, in welcher der Nebenstern einherzugehn scheint, auf der Gesichtslinie TO senkrecht steht) den Winkel OTm = OTn = α

zu kennen, um sofort die Distanz TO $= \varDelta$ durch folge
fache Gleichung zu finden:

$$\varDelta = \frac{a}{\text{Sin.}\, \alpha}.$$

Ist dieser Winkel in unserm Beispiele $\alpha = 10$ Secun
erhält man sofort TO $= \varDelta = 747$ Billionen Meilen, e
stanz, welche das Licht erst in 566 Jahren zurücklege
Die Parallaxe π dieses Sterns aber ist

$$\pi = \frac{A}{\varDelta\, \text{Sin.}\, 1''},$$

wo A gleich dem Halbmesser der Erdbahn oder gleich
lionen Meilen ist, so daſs man also für π die sehr kle
ſse 0,0000308 Sec. erhalten würde.

III. Verzeichniſs der vorzüglichsten D sterne.

Die folgende Tafel giebt eine Uebersicht der vorzü
Doppelsterne. Die beiden ersten Columnen neben de
dieser Sterne enthalten die Rectascension und Poldi
Sterne für das Jahr 1826, die dritte giebt die Distanz
vierte die scheinbare Gröſse der beiden Sterne. I
folgen Anmerkungen, die sich auf die Nummern (in e
Columne der Tafel) dieser Sterne beziehen. Der in d
merkungen öfter erwähnte *Positionswinkel* des be
Sterns wird so gezählt, daſs er gleich Null ist, wenn
benstern genau nördlich vom Hauptstern steht, und
Graden, wenn er östlich von demselben steht. *St*
Zahlen des so genommenen Positionswinkels, so heiſs
wegung des Nebensterns *direct*, im entgegengesetzten I
retrograd.

Digitized by Google

Namen	Rectascens.		Poldistanz		Distanz	Gröſse
Piscium . .	0h	6′	82°	9′	11″	6;8
Cassiopeiae .	0	38	33	7	9	4;9
Piscium . .	0	40	63	13	6	7;7
Ceti . . .	0	54	89	34	16	7;10
Ursae minor.	1	0	1	37	19	2;11
Cassiopeiae .	1	13	22	46	—	4;8;9
Piscium .	1	25	78	20	16	7;8
Anonyma . .	1	34	29	28	6	8;9
Arietis . . .	1	44	71	33	10	5;5
Piscium . .	1	53	88	4	5	2;4
Andromedae .	1	53	48	30	11	3;5
Ceti . . .	2	3	86	45	15	6;8
Cassiopeiae .	2	14	23	23	—	4;7;8
Persei . . .	2	38	34	50	30	4;8
Arietis . .	2	39	73	15	3	4;9
Arietis . .	2	49	69	23	1	7;7
Tauri . . .	3	24	66	7	22	6;7
Eridani . .	3	45	93	27	8	4;6
Persei . . .	3	46	50	30	8	3;9
Persei . .	4	2	42	3	91	—
Tauri . .	4	13	66	8	29	6;8
Camelopard. .	4	18	36	29	10	5;6
Aurigae . .	4	47	52	22	8	4;8
Orionis . .	4	49	75	45	39	7;8;15
Leporis . .	5	4	102	5	13	4;10
Orionis . .	5	6	98	25	9	1;10
Tauri . .	5	22	73	5	10	6;6
Orionis . .	5	26	80	11	4	4;6
Orionis . .	5	27	95	32	—	—
Orionis . .	5	30	92	43	—	—
ζ Orionis . .	5	32	92	4	2	2;7
Monocerotis .	6	14	85	19	14	6;8
Monocerotis	6	20	96	55	3;7	6;7;9
12 Lyncis . .	6	30	30	23	3;10	6;7
38 Geminorum	6	44	76	36	5	6;8
Geminorum .	6	53	69	10	91	—
Geminorum .	7	9	67	43	7	3;12
α Geminor. Castor	7	23	57	45	5	3;4
Geminorum	7	38	71	14	6	6;9
Anonyma . .	7	39	84	5	9	7;11
ζ Cancri . . .	8	2	71	50	0	5;6
Hydrae . .	8	26	82	46	11	6;8
Anonyma . .	8	33	47	41	9	7;8
Ursae maj.	8	55	22	10	5	5;8
Anonyma . .	9	2	36	34	20	7;7

Digitized by Google

Nr.	Namen	Rectascens.		Poldistanz		Distanz.
46	38 Lyncis . .	9h	7′	52°	28′	3″
47	Anonyma . .	9	7	27	56	1
48	ω Leonis . .	9	20	80	10	—
49	γ Leonis . .	10	10	69	16	3
50	54 Leonis . .	10	46	64	18	7
51	Anonyma . .	11	3	15	35	29
52	ξ Ursae maj. .	11	9	57	30	3
53	ι Leonis . .	11	14	78	31	2
54	2 Canis Venat.	12	7	48	24	11
55	Comae Berenic.	12	12	62	55	9
56	24 Comae Berenic.	12	26	70	39	21
57	γ Virginis . .	12	33	90	29	3
58	35 Comae Beren.	12	44	67	49	29
59	Anonyma . .	12	46	93	53	7
60	12 Canis Venat.	12	48	50	44	20
61	Θ Virginis . .	13	1	94	36	8
62	ζ Ursae maj. .	13	17	34	9	14
63	Anonyma . .	13	25	89	25	2
64	o Virginis . .	13	34	85	33	4
65	κ Bootis . .	14	7	37	23	13
66	Anonyma . .	14	14	80	47	7
67	π Bootis . .	14	32	72	49	7
68	ζ Bootis . . .	14	33	75	31	2
69	ε Bootis . . .	14	37	62	11	4
70	ξ Bootis . . .	14	43	70	11	9
71	39 Bootis . .	14	44	40	34	5
72	44 Bootis . .	14	58	41	38	2
73	η Coronae bor.	15	16	59	4	1
74	Bootis . . .	15	18	52	1	1
75	μ Bootis . .	15	18	51	59	104
76	δ Serpentis . .	15	26	78	53	3
77	ζ Coronae bor.	15	33	52	49	7
78	γ Coronae bor.	15	35	63	8	2
79	ξ Librae. . .	15	54	100	52	7
80	β Scorpii . .	15	55	109	18	14
81	κ Herculis . .	16	0	72	29	31
82	49 Serpentis .	16	4	76	1	4
83	σ Coronae bor.	16	8	55	40	1
84	υ Coronae bor.	16	10	60	24	—
85	γ Herculis . .	16	14	70	25	38
86	λ Ophiuchi . .	16	22	87	38	7
87	ζ Herculis . .	16	35	58	5	1
88	43 Herculis .	16	37	81	5	80
89	210 Herculis .	16	57	61	40	—
90	μ Draconis . .	17	3	35	18	4

Digitized by Google

Namen	Rectascens.		Poldistanz		Distanz	Gröſse
α Herculis . .	17h	6′	75°	24′	5″	3;7
δ Herculis . .	17	8	64	57	28	3;8
Anonyma . .	17	52	59	56	20	6;8
ε Ophiuchi .	17	53	98	10	—	4;6
95 Herculis .	17	54	68	25	7	5;5
p Ophiuchi	17	56	87	27	4	4;6
α Serpentis	18	18	89	55	4	6;9
Anonyma . .	18	24	25	7	12	8;11
α Lyrae . . .	18	31	51	23	43	1;12
Lyrae . . .	18	38	50	30	4	4;6
Lyrae . . .	18	38	52	35	44	3;4
Lyrae . . .	18	43	56	55	46	2;8;10
Draconis . .	18	48	30	49	28	6;8
Serpentis .	18	48	86	2	22	4;4
Lyrae . . .	19	8	51	8	29	4;10
β Lyrae . .	19	10	52	11	100	4;11
Anonyma . .	19	21	53	50	7	9;9
β Cygni . .	19	24	62	25	34	4;6.
δ Cygni . .	19	39	45	17	2	3;8
Cygni . .	19	40	56	39	25	5;8
ζ Sagittae . .	19	41	71	17	8	6;8
Anonyma . .	19	59	54	42	37	—
Anonyma . .	20	6	94	2	14	7;8
Capricorni .	20	20	108	24	11	5;10
γ Delphini . .	20	38	74	31	12	5;6
Equlei . .	20	50	86	23	—	5;6;7
Cygni . .	20	59	52	6	15	6;7
Cephei . .	21	26	20	13	13	3;8
Cygni . .	21	36	62	1	6	5;6
Anonyma . .	21	46	35	0	20	6;6
Anonyma . .	22	7	20	44	15	7;10
Anonyma . .	22	2	31	33	—	7;8;8
ζ Aquarii . .	22	20	90	55	5	4;4
Honores Frider.	22	38	51	26	—	7;9
107 Aquarii .	23	37	109	41	5	7;8
Cassiopeiae .	23	50	35	12	3	6;10
Anonyma . .	23	55	56	42	—	7;7;9
Anonyma . .	23	57	32	32	—	7;8

Anmerkungen
zu der vorhergehenden Tabell

Nr. 1. 35 Piscium. Der gröſsere Stern ist weiſs, der blau. Sie können selbst bei Beleuchtung des Rohrs Farben noch erkannt werden.

Nr. 2. η Cassiopeiae. Ein gelber Hauptstern mit ein purfarbenen Begleiter. Die Winkelbewegung des let den ersten betrug in den letzten 57 Jahren 30 Gra Distanz ist jetzt in Abnahme begriffen.

Nr. 3. 65 Piscium. Ein schönes Bild im Fernrohre.

Nr. 4. 26 Ceti. Der groſse weiſs, der kleine blaugrün zu sehen.

Nr. 5. α Ursae minor. Polarstern. Der gröſsere ist Seit 20 Jahren hat man keine Veränderung in dem P winkel des kleinen Sterns gesehen. Nach zahlreic obachtungen Struve's ist die Aberration (also die G digkeit des Lichts) für den Begleiter etwas geringer den Hauptstern.

Nr. 6. ψ Cassiopeiae. Von Struve zuerst als dreifac erkannt. Die beiden Begleiter sind sehr lichtschw sind der 4ten, 8ten und 9ten Gröſse. Die beide haben die Distanz von 3 Secunden, und die beid 32 Secunden.

Nr. 7. 100 Piscium. Der bedeutenden Distanz von 16″ u hat sich der Positionswinkel seit 48 Jahren um 6 (ändert, so daſs eine Bahnbewegung von nahe 3 Jahr fast unverkennbar ist. Beide Sterne weiſs.

Nr. 8. Anonyma. Eigentlich ein dreifacher Stern; liegen sehr nahe in einer geraden Linie.

Nr. 9. γ Arietis. Beide Sterne hell und sehr weiſs stehn in demselben Declinationskreise, also der ei nördlich über dem andern, ohne daſs man seit eine Stellungsveränderung bemerkt hätte.

Nr. 10. α Piscium. Dieses Sternpaar gehört zu dei Doppelsternen. Der gröſsere ist grünlich, der klei Seit 55 Jahren ist keine Aenderung der Position worden.

Nr. 11. γ Andromedae. Dieser Doppelstern ist du schönen Farben ausgezeichnet; der groſse ist gold

Digitized by Google

… tiefblau. Auch hier wurde bisher keine Aenderung der … beobachtet.

… 66 Ceti. Der groſse gelblich, der kleinere blau. Der … hat eine starke eigene Bewegung im Raume, näm… Minute in 150 Jahren, und an dieser Bewegung … der Begleiter Theil. In den letzten 5 Jahren hat … sich um 4° in seiner scheinbaren Bahn um den … fortbewegt, während die Distanz 15″ unverändert … Umlaufſzeit nahe 450 Jahre.

… Cassiopeiae. Ein ausgezeichnet schöner dreifacher …; der groſse ist gelb, die beiden kleinen blau. Eine … der Position und Distanz ist bisher noch nicht … Sicherheit bemerkt worden.

… Persei. Die sehr hervorstechende Farbe des gröſsern … und die des kleinern blau. Die Distanz scheint un… …derlich, so wie die Position.

… Arietis. Eigentlich ein dreifacher Stern der 4ten, … 10ten Gröſse; der entferntere ist der schwächste und … zu beobachten; der Hauptstern ist schwach gelblich. … scheint unveränderlich.

… Arietis. Beide Sterne sind einander ungemein nahe, … unter einer halben Secunde. Beide sind gelblich … Duplicität ist schwer zu erkennen.

… Tauri. Herschel d. ä. erkannte ihn als Doppel- … Struve fand, daſs der Hauptstern selbst wieder aus … nur ½ Secunde entfernten Sternen besteht. Beide sind … und nahe von gleicher Gröſse. Die Position ändert … in 6 Jahren um 4 Grade. Der entferntere Neben… … nur der 10ten Gröſse, und sein Abstand von dem … 22″.

… 32 Eridani. Der groſse strohfarben, der kleine blau.

… Persei. Der groſse weiſs, der kleine bläulich, das … und scharf begrenzt. Die Distanz scheint zu …

… Persei. Der groſse orangefarben.

… 62 Tauri.

… Camelopardi. Der groſse gelb, der kleine blau. Position … scheinen stark veränderlich.

… Aurigae. Der groſse granatfarben, der kleine blau.

Nr. 24. 26 Orionis. Ein dreifacher Stern, gelb, bläulich.

Nr. 25. ι Leporis. Wegen der groſsen Verschiede Glanzes konnte der von Herschel d. ält. gesehene Nebenstern weder von seinem Sohne, noch von So von Struve bis 1829 gefunden werden. Die neuester tungen des jüngeren Herschel setzen die starke des Nebensterns auſser Zweifel; sie ist retrograd u 23° in 53 Jahren. Der Hauptstern ist mattgrün.

Nr. 26. β Orionis. Der groſse weiſs, der kleine b

Nr. 27. 117 Tauri. Beide weiſs. Die Distanz ni

Nr. 28. λ Orionis. Der groſse gelblich, der kleine Beide sind in der Distanz 27″ von einem ungemein Stern der 12ten Gröſse begleitet. Veränderungen si sem dreifachen Sterne noch nicht bemerkt worden.

Nr. 29. θ Orionis. Ein fünf- oder vielleicht Stern in dem bekannten Trapez des groſsen Ori
Fig. 155. ABCD. In diesem Trapez hat Struve noch ein Stern E und Lamont im J. 1837 einen sechsten den.

Diese Sterne sind:

A	der 7ten	Gröſse,	weiſs;
B	— 8-	—	grauweiſs;
C	— 5-	—	gelblich;
D	— 6-	—	—
E	— 11-	—	—
F	— 12-	—	—

Seit Herschel d. ält. bis auf unsere Tage hat keine Aenderung der Position der vier ersten Sterr cherheit bemerkt. Ein Kreis von 23″ Durchmesser sämmtliche 6 Sterne.

Nr. 30. σ Orionis, ein vierfacher Stern, der 4ten, und 10ten Gröſse. In den Distanzen und Winkel seit Herschel d. ält. nichts geändert. Nahe vierfachen Stern steht ein anderer dreifacher, sc beide Systeme, die nur 3,5 Minuten von einand sind, im Felde des Fernrohrs zugleich beobachten

Nr. 31. ζ Orionis. Groſser gelblichweiſs, klein beide scharf begrenzt. Im Jahre 1782 soll die

Digitized by Google

gewesen seyn, so daſs sich also damals beide uns bedeckten. Die Distanz ist sehr verän-

onocerotis. Groſser gelb, kleiner purpurfarben.

Monocerotis. Drei weiſse Sterne der 5ten, 5ten röſse, alle drei sehr hell. Die Abstände der Be- dem Centralstern sind 2″,5 und 7″,2. Seit mehr en ist keine Positionsänderung bemerkt worden. müssen also entweder von sehr kleiner Masse, eit von uns entfernt seyn, und in beiden Fällen rker Glanz in Verwunderung.

Lyncis. Ein dreifacher Stern, der 5ten, 6ten und , die beiden ersten grünlichweiſs und der letzte n den Positionen der beiden Begleiter haben sich folgende Veränderungen zugetragen: der nähere ,5) hat sich in 50 Jahren um 27° 43′, der entferntere 7″,7) aber nur um 1° 39′, jener retrograd und t, bewegt, was ganz mit dem dritten Gesetze übereinstimmt.

Geminorum. Groſser gelblich, kleiner bläulich. n ändert sich sehr langsam und sie deutet auf fszeit von 200 bis 250 Jahren.

Geminorum. Groſser gelb, kleiner grau.

Geminorum. Groſser weiſs, kleiner blau, scharf

Castor oder] α Geminorum. Beide Sterne grünlich nd. Die Duplicität wurde schon 1719 erkannt, seit Zeit der Begleiter nahe 100 Grade um den Haupt- ückgelegt hat. Herschel d. jüng. suchte eine Bahn aphische Construction zu bestimmen, die bis 1833 n Beobachtungen ziemlich gut übereinstimmte, aber immer mehr davon abweicht. Mädler hat 1837 Elemente dafür berechnet:

Halbe groſse Axe . . $a = 7'',008$,
Excentricität . . . . $e = 0,797$
Knoten . . . . $k = 23°\ 5'$
Neigung . . . . . . $n = 70°\ 58'$
Abstand des Perihels
vom Knoten . . . $\omega = 87°\ 37'$

Durchgangszeit durch das Perihel
oder Epoche . . . . E = 1913 Novembe
Umlaufszeit . . . . . . T = 230,30 Jahre,
Bewegung retrograd.

Ein schwacher, 73 Secunden entfernter Stern gehö scheinlich auch noch zum System des Castor.

Nr. 39. 201 Geminorum. Groſser weiſs, kleiner bla

Nr. 40. Anonyma. Groſser gelb. Struve entdeck Doppelstern im J. 1825, aber später (1831 und 32 er selbst bei den heitersten Nächten den Beglei mehr sehn, der vielleicht ein in seinem Lichte verä Stern ist.

Nr. 41. ζ Cancri. Ein merkwürdiger dreifacher Ste Hauptstern A ist 5ter, B ist 6ter und C endlich 5,6te alle drei sind gelb. Die Distanz AB ist gleich 1″, 5″,7. Der nähere Begleiter B läuft in nahe 54 J trograd um den Hauptstern, und seine Bahn sch kreisförmig zu seyn, der andere Begleiter C hat in ren 37° seiner scheinbaren Bahn zurückgelegt, also weniger, als B, was mit Kepler's drittem Gesetze übereinstimmt.

Nr. 42. 18 Hydrae. Groſser gelb, kleiner bläulich.

Nr. 43. Anonyma. Wahrscheinlich ein bloſs *optisc* pelstern, die bloſs für uns so nahe erscheinen, ob vielleicht sehr weit hinter einander stehn. Der gelblich, der kleine weiſs. Der kleinere beschreibt hung auf den Hauptstern eine gerade Linie, und se fernung war im J. 1836 gleich 10″, im J. 1828 abe Ist er gleichwohl ein wahrer, physischer Begleiter de sterns, so ist mit Wahrscheinlichkeit eine baldige in seiner scheinbaren Bahn zu erwarten; ist er optisch, so wird er um das Jahr 1870 schon über dem Hauptstern entfernt seyn.

Nr. 44. σ^2 Ursae majoris. Der kleine Stern hat in ren 21° seiner scheinbaren Bahn zurückgelegt und Zeit seine Distanz von 7″,9 auf 4″,6 geändert, so da nächsten Jahrzehnten ein sehr nahes Zusammenrück Sterne zu erwarten ist.

Nr. 45. Anonyma. Beide gelb. Der groſsen Distan

Digitized by Google

aber betrug die Winkelbewegung des kleinen doch schon 5 Grade in 16 Jahren.

46. 38 Lyncis. Groſser weiſs, kleiner bläulich.

47. Anonyma. Ein dreifacher Stern. Die zwei Hauptsterne sind nur 1″ von einander entfernt, und beide der 8ten Gröſse. Der kleine entfernte Begleiter ist nur der 11ten Gröſse und sehr lichtschwach. Eine Aenderung der Position wurde noch nicht bemerkt.

48. ι Leonis. Der groſse gelb, der kleine röthlich. Die Distanz ist seit Herschel's d. ält. Beobachtung immer kleiner geworden und die Position hat sich in 53 Jahren um 63 Grade geändert. In den letzten Jahren vermochte ihn Struve nicht mehr doppelt, sondern nur länglich zu erblicken.

49. γ Leonis. Einer der schönsten und hellsten Doppelsterne; der groſse goldfarben, der kleine rothgrün. Seit Herschel d. ält. hat sich die Distanz nicht merklich, die Position aber um 22° geändert.

50. 54 Leonis. Groſser gelb, kleiner grün. Ein schönes, scharf begrenztes Bild.

51. Anonyma. Der eine gelb, der andere gelblichgrau, beide Farben matt. Die Distanz ändert sich sehr stark, die Position nur wenig.

52. ξ Ursae majoris. Groſser gelblich, kleiner aschfarben. Savary und nach ihm Herschel d. jüng. haben die Bahn dieses Sterns zu bestimmen gesucht. Da aber beide Bahnen späterhin zu sehr von den Beobachtungen abwichen, versuchte Mädler im J. 1836 eine neue Bahn zu berechnen, und fand folgende Elemente:

$$
\begin{aligned}
a &= 2'',29; \\
e &= 0,404; \\
k &= 95^\circ\ 0'; \\
n &= 52\ 15; \\
\omega &= 129\ 40; \\
E &= 1816 \text{ December } 13; \\
T &= 60,460 \text{ Jahre};
\end{aligned}
$$

Bewegung retrograd.

Die Sterne entfernen sich jetzt von einander, und werden in den nächsten Jahren schon in mittelmäſsigen Fernröhren getrennt erscheinen.

Digitized by Google

Nr. 53. ι Leonis. Groſser gelblich, kleiner blau. D[...] hat, ohne seine Distanz zu ändern, seine Position u[...] 9 Jahren vermindert.

Nr. 54. 2 Canis Venat. Groſser roth, kleiner blau.

Nr. 55. Comae Berenices. Beide gleich groſs und wei[...]

Nr. 56. 24 Comae Beren. Groſser roth, kleiner blau[...] Farben sehr ausgesprochen. Struve bemerkte die bl[...] des kleinen auch dann schon, wenn der groſse n[...] im Fernrohr ist, was die Ansicht, als sey dieses l[...] bloſse Complementarfarbe, entscheidend wiederlegt. [...]tionsänderungen wurden bisher nicht bemerkt.

Nr. 57. γ Virginis. Schon Bradley erkannte im J. [...] Duplicität dieses Sterns. Damals war ihre Distanz [...] ihre Position 160°. Seit dieser Zeit hat der klei[...] trograder Bewegung gegen 300 Grade zurückgelegt. [...] Jahren 1834 — 36 war die Distanz beider Sterne [...] daſs nur noch mit dem groſsen Refractor in Dorpat [...]plicität erkannt wurde. Im Jahre 1838 war die Dist[...] wieder nahe einer Secunde gleich. Mädler hat [...] Doppelstern folgende Elemente abgeleitet:

a = 5",35;
e = 0,8680;
k = 58° 22' 33";
n = 35 48 2;
ω = 265 59 57;
E = 1836 Febr. 6;
T = 157,562 Jahre;
Bewegung retrograd.

Merkwürdig ist die starke Excentricität dieser Bahn, [...] die des Encke'schen Kometen noch übertrifft. Struve [...]nen Wechsel der Helligkeit dieser beiden Sterne wah[...] 1831 der damals vorangehende schwächer, seit 1834 [...]schieden heller ist, als der andere. Beide Sterne sind [...]

Nr. 58. 35 Comae Beren. Eigentlich drei, an G[...] Farbe sehr verschiedene Sterne. Die Distanz d[...] helleren ist 1",4 und die des schwächeren von j[...] Eine Positionsänderung ist noch nicht bemerkt wo[...]

Nr. 59. Anonyma. Groſser weiſs, kleiner blau.

Nr. 60. 12 Canis Venat. Groſser weiſs, kleiner bla[...]

Digitized by Google

θ Virginis. Dreifach. Von den beiden kleinen iſt
ı Hauptſtern nähere ungemein fein, aber doch ſo hell,
ſelbſt eine ſtärkere Beleuchtung des Fernrohrs verträgt,
l der entferntere ungemein lichtſchwach iſt.

ζ Urſae maj. Groſser weiſs, kleiner bläulich. Po-
ad Diſtanz ſcheinen conſtant.

Anonyma. Beide gelblich und lichtſchwach. Die Po-
ndert ſich in 11 Jahren ſchon um 19,5 Grade.

ı Virginis. Groſser weiſs, kleiner blau.

ı Bootis. Der Hauptſtern iſt ſchöngrün, der Neben-
ulich; Poſitionsänderung 3°,4 in 50 Jahren.

Anonyma. Groſser weiſs, kleiner blau.

ı Bootis. Groſser weiſs, kleiner bläulich.

; Bootis. Der Hauptſtern iſt zugleich in ſeinem Lichte
lich, bald der 3ten, bald der 4ten Gröſse, während
re immer der 4ten Gröſse iſt. Beide Sterne ſind
Eine Poſitionsänderung wurde bisher nicht bemerkt.

ı Bootis. Ein ſchönes Sternpaar; der groſse glänzend
der kleine tiefblau. Poſitionsänderung 15° in 55

; Bootis. Groſser hellgelb, kleiner purpurroth. Di-
nd Poſition ändern ſich ſchnell.

39 Bootis. Der groſse weiſs, der kleine purpurfarben.

44 Bootis. Ein ſchöner, bequem zu beobachtender
tern. Groſser gelb, kleiner bläulich. Die Bahn des
geht, erweitert, durch unſer Sonnenſyſtem, daher
nur als eine gerade Linie erſcheint. Herschel be-
ihn als ein feines Miniaturbild von Caſtor. Zwi-
502 und 1819 muſs eine faſt centrale Bedeckung bei-
ne vorgefallen ſeyn.

η Coronae bor. Groſser gelb, kleiner goldgelb. Mäd-
folgende Elemente der Bahn gegeben:

a = 1″,191;
e = 0,354;
k = 22° 25′;
n = 71 29;
ω = 263 10;
E = 1815 März 14;
T = 43,34 Jahre;

Bewegung direct.

Nr. 74. Sehr schwer als getrennt zu unterscheiden Distanz so klein ist. Die Umlaufszeit ist gegen 6

Nr. 75. μ Bootis. Beide weiſs.

Nr. 76. δ Serpentis. Schön glänzend, groſser gelb graublau. Positionsänderung 30° in 53 Jahren.

Nr. 77. ζ Coronae bor. Groſser weiſs, kleiner blau.

Nr. 78. γ Coronae bor. Der gröſsere grünlichweiſs, purpurfarben. Seit 1826, wo ihn Struve zuerst tete, nähert er sich dem Hauptstern von 2″ bis 0 1833 erschienen beide nur als ein einziger länglic doch waren auch hier noch beide Farben deutlich nen. Im J. 1835 erschien er durchaus einfach; 1 er wieder eine längliche Form.

Nr. 79. ξ Librae. Ein dreifacher Stern, der 5ten, 6ten Gröſse, die beiden ersten gelblich, der letzte blau Positionsänderungen sind bedeutend. Abstand de von dem Hauptstern 1″,1 und 7″,6. In nahe 4. Entfernung steht ein anderer sehr kenntlicher D der selbst bei starken Vergröſserungen mit ξ Libra zeitig beobachtet werden kann. Vielleicht stehn steme in einem physischen Zusammenhange.

Nr. 80. β Scorpii. Groſser weiſs, kleiner blau.

Nr. 81. $\varkappa$ Herculis. Beide gelb. Die Position sc sehr langsam, die Distanz aber schnell zu ändern Jahren nämlich um 25 Secunden.

Nr. 82. 49 Serpentis. Beide weiſs.

Nr. 83. σ Coronae bor. Der groſse gelblich, der klein Mädler hat für diesen Doppelstern folgende Ele geben:

$$a = 2'',928;$$
$$e = 0{,}577;$$
$$n = 129^\circ 22';$$
$$k = 39\ 49;$$
$$\omega = 16\ 43;$$
$$E = 1836 \text{ Sept. } 26;$$
$$T = 199{,}95 \text{ Jahre};$$

Bewegung direct.

Nr. 84. v Coronae bor. Ist eigentlich ein dreifacher

Digitized by Google

γ Herculis. Groſser weiſs, kleiner blau.

λ Ophiuchi. Der groſse gelb, der kleine bläulich. Die Bahn scheint nahe kreisförmig zu seyn. Die Umlaufszeit ist nahe 40 Jahre.

ζ Herculis. Dieser Doppelstern hat schon zweimal die Erscheinung der Bedeckung eines Fixsterns durch einen ... gegeben, nämlich im J. 1802 und in der Zeit von ... bis 31. Der groſse gelb, der kleine röthlich. Mädler ... eine genäherte Umlaufszeit von 36 Jahren.

43 Herculis. Der groſse stark roth, der kleine bläulich.

210 Herculis. Der groſse gelb, der kleine tiefblau. ... 1829, wo er zuerst bemerkt wurde, bis 1836 hat sich die Position um 11 Grade geändert.

μ Draconis. Zwei weiſse Sterne von nahe gleichem ... Positionsänderung 30° in 55 Jahren.

α Herculis. Der groſse glänzend röthlichgelb, der ... ausgesprochen tiefblau. Der kleine ist von der 5ten ... Gröſse veränderlich, und dieses scheint auch, obgleich in geringerem Maſse, von dem gröſsern zu gelten. Eine Positionsänderung hat man noch nicht bemerkt.

δ Herculis. Der groſse glänzend grün, der kleine ... Die Distanz ist in 55 Jahren von 34″ auf 25″ abgenommen, und die Position hat um 12 Grade zugenommen.

Anonyma. Groſser weiſs, kleiner blau.

τ Ophiuchi. Beide gelb. Der ältere Herschel hat ... als länglich bezeichnet, Struve fand ihn anfangs ganz ... und erst 1827 länglich; 1835 berührten sich beide ..., 1836 aber trennten sie sich deutlich. Die Umlaufszeit ist nahe 85 Jahre.

95 Herculis. Beide an Glanz gleich, der eine grün..., der andere schön roth.

70 p Ophiuchi. Groſser gelb, kleiner purpurfarbig. ... Jahren hat er schon 323° durchlaufen. Mädler fand ... Elemente dieses Doppelsterns:

Digitized by Google

$a = 4'',316$;
$e = 0,477$;
$k = 133° 47'$;
$n = 42\ \ 52$;
$\omega = 153\ \ 27$;
$E = 1806$ Sept. 30;
$T = 80,61$ Jahre;
Bewegung retrograd.

Nr. 97. *α* Serpentis. Groſser weiſs, kleiner blau.

Nr. 98. Anonyma. Dieses merkwürdige Sternpaar ist nem schwachen elliptischen Nebel umgeben. Di nehmen die beiden Brennpuncte der Ellipse ein. K benachbarten Sterne zeigt eine Spur von Nebelhülle hier wohl Sterne und Nebel zusammen gehören.

Nr. 99. *α* Lyrae. Dieser Doppelstern ist wahrschein physisch, sondern nur optisch doppelt[1].

Nr. 100. *ε* Lyrae. Eigentlich ein doppelter Doppel wahrscheinlich ein System von zwei zusammeng Doppelsternen. Das erste Paar gehört zu Rectasc 38′ 36″, Poldist. = 50° 30′ und das zweite Paar asc. 18^h 38′ 36″, Poldist. = 50° 34′. Sie wer in stark vergröſsernden Fernröhren (also mit gerin feld) zu gleicher Zeit gesehn. Bei dem nördlichen *ε* Lyrae) ist der groſse grünlich und der 5ten G kleine aber blauweiſs und der 6ten Gröſse. Ihre 3″ und die Position hat sich in 57 Jahren um 9 was auf eine 2000jährige Umlaufszeit deutet. Bei lichen Paare (oder 5 Lyrae) beträgt der Abstand el aber die Veränderung der Position in 57 Jahren Grade, was eine nahe 1000jährige Umlaufszeit erw Hier sind beide glänzend weiſs und auch beide groſs, nämlich der 5ten Gröſse. Haben beide Sy ſserdem noch eine gemeinsame Bewegung um ihre punct, so kann die Periode derselben nicht wohl Million Jahre seyn.

Nr. 101. *ζ* Lyrae. Groſser weiſs, kleiner blau.

Nr. 102. *β* Lyrae. Eigentlich ein vierfacher Stern.

---

1 Vergl. oben C am Ende.

Digitized by Google

o Draconis. Der groſse glänzend gelb, der kleine … In 55 Jahren hat ſich die Diſtanz um 4″ und die … um 15° geändert.

θ Serpentis. Beide gelblich.

η Lyrae. Der kleine blau.

θ Lyrae. Der groſse weiſs, der kleine blau.

Anonyma. Beide bläulich.

β Cygni. Groſser gelb, kleiner blau; ein ſcharfbe… Bild.

δ Cygni. Im Jahre 1783 erſchien er einfach, jetzt … doppelt.

ψ Cygni. Die jährliche Poſitionsänderung iſt 0,7 Groſser weiſs, kleiner grau.

ζ Sagittae. Groſser weiſs, kleiner blau.

Anonyma. Auf dieſer Stelle ſind vier Doppelſterne nahe … Wenn der ſchönſte oder nördlichſte in den un… teil des Feldes gebracht wird, ſo erſcheinen alle vier … im Fernrohr.

Anonyma. Groſser weiſs, kleiner blau.

ρ Capricorni. Groſser weiſs, kleiner blau.

γ Delphini. Der groſse goldgelb, der kleine blau… beide Farben ausgezeichnet ſchön. Sonderbar, daſs … Herschel d. ält. beide als weiſs bezeichnet wurden. … und Poſition ſcheinen ſich nicht zu ändern.

ε Equulei. Herschel d. ält. gab ihn als doppelt, … aber, durch Zerlegung des Hauptſterns, als dreifach … der groſse gelb, der kleine nahe gelblich, der kleine … grauweiſs. Abſtand der beiden erſten 0″,4, des … 11″.

61 Cygni. Ueber dieſen wichtigen Doppelſtern iſt … oben geſprochen worden. Wir kennen ihn ſeit 1753, … Bradley zuerſt beobachtete. Beide Sterne ſind …

ξ Cephei. Groſser weiſs, kleiner blau.

μ Cygni. Ebenſo.

Anonyma. Ebenſo.

Anonyma. Ebenſo.

Anonyma. Erſt Struve erkannte 1832 dieſen Dop… … durch Zerlegung des *Nebenſterns* als dreifach. Alle

drei Sterne sind sehr weiſs, die beiden Nebensterne 0",5 von einander entfernt.

Nr. 123. ζ Aquarii. Beide Sterne weiſs mit mattgr Schimmer. Positionsänderung 26° in 55 Jahren.

Nr. 124. 18 Honores Friderici. Der gröſsere schön ben, ins Rosenrothe spielend, der kleinere aschgrau.

Nr. 125. 107 Aquarii. Groſser weiſs, kleiner blau.

Nr. 126. σ Cassiopeiae. Groſser weiſs, kleiner bl Miniatur von ε Bootis.

Nr. 127. Anonyma. Struve erkannte 1828 diesen stern durch Zerlegung des Hauptsterns als einen d Die beiden Hauptsterne sind nur 0",5 von einander der dritte aber 20" von dem ersten.

Nr. 128. Anonyma. Beide gelblich. In den letzten ren ist der Nebenstern um nahe 180° um den H vorgerückt. Mädler fand für ihn folgende Elemen

a = 1",003;
e = 0,532;
k = 125° 10';
n = 25 32;
ω = 36 32;
E = 1837 Juni 4;
T = 84,51 Jahre;
Bewegung direct.

In diesem Systeme beträgt also der mittlere Abstand Secunde, während die Umlaufszeit der des Uran Setzt man die Masse beider Sterne der Sonnenmasse wird die Entfernung derselben von uns gleich 360 bahnhalbmessern, und das Licht braucht 55 Jahre, u nem Systeme bis zu uns zu gelangen.

Die vorhergehenden Sterne sind sämmtlich aus Classen genommen, wo die beiden Sterne einander stehn. Struve theilte nämlich die sämmtlichen Do nach ihren Distanzen von einander, in 8 Classen, wi kleine Tafel zeigt.

Digitized by Google

Classe	Distanzen
I . . .	von 0 bis 1″;
II . . .	— 1 — 2;
III . . .	— 2 — 4;
IV . . .	— 4 — 8;
V . . .	— 8 — 12;
VI . . .	— 12 — 16;
VII . . .	— 16 — 24;
VIII . . .	— 24 — 32.

bereits oben erwähnten Werke[1] zählt er 2787 sol- cher Sterne auf, deren jeder wenigstens viermal voll- messen und nach Gröſse und Farbe bestimmt ist. In Classe fand er 91 Doppelsterne, in der zweiten 314, 535, in der vierten 582, in der fünften 352 Wollte man annehmen, daſs alle oder doch bei wei- meisten Doppelsterne nur *optisch*, also gleichsam zu- , so müſsten sich diese Doppelsterne unter den Ster- Gröſsen gleich häufig zeigen. Das ist aber keines- Fall. Struve fand nämlich unter den Sternen

1. bis 3. Gröſse	unter 100	nur 18	doppelte;
4. — 5. —	— —	— 13	—
6. — 7. —	— —	— 8	—
8. — 9. —	— —	— 3	—

terschied zeigt, daſs wenigstens bei den Sternen von 7. Gröſse die meisten Doppelsterne nicht *optisch*, wahrhaft *physisch* verbunden sind. Struve hat mit Wahrscheinlichkeitsrechnung diesen Gegenstand näher , und folgende Resultate gefunden. Wenn man bloſs Doppelsterne betrachtet, wo der Nebenstern selbst gröſseren oder helleren (also zu der 1., 2., 3. bis 7. gehört, so müssen, jener Rechnung zufolge, von je lich beobachteten Doppelsternen

---

[1] Mensurae Stellarum duplicium. Petrop. 1837.

der	I. Classe	alle	100	physisch seyn,		
–	II. –	–	100	–	–	
–	III. –	–	100	–	–	
–	IV. –	–	98	–	–	
–	V. –	–	92	–	–	
–	VI. –	–	90	–	–	
–	VII. –	–	72	–	–	u. s.

Bei denjenigen Doppelsternen, wo der Nebenstern noc als der 7ten Gröſse ist, müssen von je hundert beo Doppelsternen dieser Art in der

I.	Classe	wieder	alle	100	physisch seyn,		
II.	–	–	–	99	–	–	
III.	–	–	–	97	–	–	
IV.	–	–	–	89	–	–	
V.	–	–	–	73	–	–	
VI.	–	–	–	38	–	–	u.

Es ist also mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit anzuneh besonders in den höhern Classen beinahe alle beobach pelsterne nicht optische (wegen ihrer Lage gegen uns nahe stehend erscheinende), sondern daſs sie in der T oder physisch verbundene, zu einem gemeinschaftliche gehörende Sterne sind. Noch viel mehr aber wird d sultat dadurch bestätigt, daſs von beinahe allen diesen teten Doppelsternen immer der eine sich um den a wegt, und daſs sie auch überdieſs eine gemeinschaftlic rückungsbewegung (den sogenannten *motum propri* Himmelsraume haben. Unter den 560 Sternen, die A der in Bezug auf diese *eigene Bewegung* untersuc G zu Ende), kommen 53 von Struve beobachte pelsterne vor, von welchen 41 auch schon durch H d. ält. gesehn worden sind. Von diesen 41 Doppelste ben nun 40 eine gemeinschaftliche (oder gleich groſs Bewegung bei jedem der zwei Sterne, und nur einer (lei) macht eine Ausnahme davon, so daſs also nur d von 41 als ein bloſs optischer Doppelstern anzusehn i selbe Resultat, der bei weitem gröſseren Anzahl der ph Doppelsterne, scheint auch noch für diejenigen Sterne ten, die über die achte Classe hinaus, mehr als 32 einander entfernt sind. Struve, der auch dieses m der Probabilitätsrechnung untersuchte, fand, daſs selb

Digitized by Google

...ſtanz von 5 Raumminuten der physische Zusammenhang ...mer viel häufiger ist, als der optische, und dasselbe ...ch auch bei den doppelten Sternpaaren finden, wo die ...Paare von einander bis auf 10 Minuten abstehn, in... ...ie ihrer Natur nach zusammengehörende Doppelstern... ...nd, die wieder um andere Paare kreisen, und gleich... ...ſtalgruppen in dem allgemeinen Heere des Fixstern... ...darstellen, wohin auch wahrscheinlich die Pleiaden, ...rippe, das Haar der Berenice u. a. dichtere, schon dem ...Auge sichtbare Sammlungen von Sternen gehören.

...s ist gewiſs in hohem Grade merkwürdig, daſs von al... ...den wunderbaren Gegenständen des Himmels diejenigen, ...die wir bisher näher untersuchen konnten, ohne Ausnahme ...die Gültigkeit des Newton'schen Attractionsgesetzes auch in ...fernen Räumen sprechen, so daſs dasselbe wahrscheinlich ...allgemeine Gesetz der ganzen Natur seyn mag. Dieses ...hat, wie auch schon Newton bemerkte, die wich... ...Eigenthümlichkeit, daſs unter seiner Einwirkung die An... ...einer auch noch so groſsen Kugel auf einen auſser ihr ...Punct dieselbe ist, als wenn die Masse dieser ganzen ...in ihrem Mittelpuncte vereinigt, auf einen einzigen Punct ...worden wäre. Da aber beinahe alle Himmelskörper, ...so dieselben bekannt geworden sind, sehr nahe die ...Kugelgestalt haben, so werden dadurch nicht nur ihre Bewe... ...gen einander, sondern auch die Berechnungen derselben ...erleichtert, indem es uns, in jener Voraussetzung, ...ist, alle Himmelskörper nur als ebenso viele einfache ...zu betrachten. Wenn sie die Form von Würfeln, Cy... ...oder Kegeln hätten, so würde, bei dem gegenwärtigen ...unserer Analysis, alle Berechnung derselben so gut ...möglich seyn. Es war daher eine wichtige und in... ...Frage, ob diese Anziehung der Kugeln auch noch ...einem anderen Gesetze, als dem für Kugeln gültigen, statt ...kann. Man findet[1], daſs alle Gesetze der Attraction, für ...eine Kugel auf einen äuſsern Punct so wirkt, als ob ...Masse in dem Mittelpuncte der Kugel vereinigt wäre, in ...Ausdrucke enthalten sind

---

1 S. Littrow's theor. u. pract. Astronomie. Th. III. Wien 1827.

Digitized by Google

$$\frac{A}{r^2} + Br,$$

wo r die Entfernung des Puncts von dem Mittelpun
Kugel und wo A und B constante Gröſsen bezeichnen.
man die Gröſse B gleich Null, so hat man wieder d
erwähnte Gesetz der Natur, so daſs demnach von al
unzähligen Gesetzen, welche die Attraction für groſse
zen sehr klein geben (und nur solche sind für die
schen Bewegungen anwendbar), das der Natur das ein
für welches die Kugeln die oben erwähnte Eigenschaf
Dasselbe Naturgesetz scheint auch noch eine andere seh
würdige Eigenschaft vor allen übrigen Gesetzen aussch
zu besitzen, daſs nämlich nur bei ihm unser Planete
eine dem gegenwärtigen Zustande desselben ganz ähnli
stalt beibehalten würde, wenn auch der Maſsstab dess
allen seinen Theilen verhältniſsmäſsig geändert wür
wenn z. B. die Massen und die Distanzen aller dieses
constituirenden Körper auf ihren hundertsten oder tausendst
herabgebracht würden. Allein jene Rechnungen bezi
nur auf die Bewegung der einen Sonne um die ander
sie sind daher im Allgemeinen ganz dieselben, durch
wir, in unserm System, die Bewegung eines Planeten
Sonne bestimmen. Jene Doppelsonnen aber sind ohne
auch von planeten- oder kometenähnlichen Körpern u
und von diesen letzteren wird die Berechnung ihrer Bew
eine ganz andere und viel zusammengesetztere seyn. Wei
lich ein Körper sich um einen andern Centralkörper n
Newton'schen Gesetze bewegt, so beschreibt jener, wie
einen Kegelschnitt, in dessen einem Brennpuncte d
tralkörper liegt. Nehmen wir z. B. an, daſs unsere Erd
rem Perihel entstanden wäre, so würde die jährliche Bahn
ben eine Hyperbel, eine Ellipse oder eine Parabel geword
jenachdem die anfängliche Geschwindigkeit der Erde
ersten Secunde gröſser, kleiner oder genau ebenso gro
5,853 geogr. Meilen gewesen wäre. Für eine Geschwi
von 4,139 Meilen würde diese Erdbahn vollkommen kre
geworden seyn. Allein den Beobachtungen zufolge bet
wirkliche Geschwindigkeit derselben im Perihel 4,113
so daſs also, nach dem Vorhergehenden, die Erdbahn ein
und zwar eine von dem Kreise nur sehr wenig verschied

Digitized by Google

werden muſste, wie dieses auch den Beobachtungen voll- gemäſs ist.

lange also nur ein einziger Centralkörper da ist, wie Sonnensysteme, um den sich alle übrige Himmels- bewegen, so sind die Bahnen dieser letzten einfache Linien der zweiten Ordnung oder sogenannte Kegel- Aber ganz anders verhält sich die Sache, wenn ein Planetensystem, wie bei den Doppelsternen, zwei Son- , um welche sich, als um zwei Centralkörper, alle Körper eines solchen Systems bewegen. Hier werden so einfache, sondern vielmehr sehr zusammenge- Linien von doppelter Krümmung beschrieben, mmung den Astronomen jener Systeme, wenn sie , ganz andere Schwierigkeiten darbietet, als uns ungen unseres Systems, obschon an der Entwicke- letzten die scharfsinnigsten Gröſsen aller Zeiten und abgemüht haben. Einen Anfang zu diesen Unter- findet man in Legendre's Exercices du calcul in- l. II, aus denen wir hier nur einige der vorzüglichsten mittheilen, und dabei voraussetzen, daſs jede dieser auf ihren Planeten nur nach dem verkehrten Ver- Quadrats ihrer Entfernungen wirke, weil sonst, bei nahmen über das Gesetz der Attraction, die Com- des Gegenstandes noch viel gröſser wird.

wir also zuerst voraus, daſs die anziehende Kraft, die Masse der beiden Sonnen gleich groſs ist. In fachsten Falle beschreiben die Planeten, wie bei uns, Ellipsen, in deren zwei Brennpuncten jene beiden Son- . Aber diese Ellipsen werden nicht auf die Weise, serem Systeme, beschrieben, wo nämlich die Ge- keit im Perihel am gröſsten und im Aphel am klein- und wo sie zwischen diesen beiden extremen Puncten ab- oder zunimmt. Bei denjenigen Ellipsen, welche eten der Doppelsterne beschreiben, ist die Geschwin- an den beiden Endpuncten A und A' der groſsen Fig. 156.
eich groſs, so wie auch an den beiden Endpuncten B der kleinen Axe, obschon sie hier kleiner ist, als dort. überdieſs bei uns jede Hälfte A B' A' und A' B A der El- derselben Zeit zurückgelegt wird, so sind dort auch

die Zeiten durch die vier Quadranten A B', B' A', A' B
unter einander gleich.

Ganz anders verhält sich die Sache, wenn zwar d
Kräfte der zwei Sonnen noch gleich groſs, wie zuvor, aber
geſetzt sind, so daſs z. B. die eine Sonne den Planet
anzieht, als ihn die andere abstöſst. Auch dann beschr
der Planet noch eine Ellipse, deren Brennpuncte von
Sonnen eingenommen werden, aber die Geschwindig
selben nimmt von dem Puncte A, wo sie am gröſste
und verschwindet dann völlig in dem Puncte B'. Hi
einen Augenblick still und geht dann durch denselb
schen Quadranten B' A, in welchem er gekommen is
zurück, erhält seine gröſste Geschwindigkeit in A,
dann immer langsamer durch den Bogen A B, bis s
schwindigkeit in dem Puncte B wieder völlig vers
wo er dann wieder durch den Bogen B A B' wie zu
und gleich einem Pendel in diesem Bogen auf und ab
ohne je in die andere Hälfte B' A' B der Ellipse zu
Es ist nicht unwahrscheinlich, daſs dieser Fall bei d
pelsternen öfter vorkommen mag, da er mehr, als al
geeignet ist, Collisionen zwischen den verschiedenen
eines Systems zu vermeiden.

Unter bestimmten andern Verhältnissen der beid
und der ursprünglichen Geschwindigkeiten der Plane
eine in Gröſse und Gestalt veränderliche Ellipse be
Fig. Wenn z. B. der Planet von dem Puncte A ausgeht,
157. Bogen A D B der Ellipse und die entgegengesetzte H
selben zu durchlaufen, so kommt er am Ende dies
nicht wieder in dem Anfangspuncte A, sondern in e
dern Puncte A' der verlängerten groſsen Axe B A an,
Ende des dritten Umlaufs wieder in einem andern P
bis er endlich auf diese Art zu den beiden Grenzpu
und B_1 gelangt, von wo er wieder auf seinem vori
durch die Puncte A'' und A' und A zurückgeht, und
letzteren Puncte A neuerdings auf seinen vorigen ers
einlenkt, um so in einem bestimmten Raum AA_1 i
eine bestimmte Reihe von Revolutionen in immer wa
oder abnehmenden Ellipsen zu beschreiben.

Wieder in andern Verhältnissen der beiden Sonn
wird eine Art von in sich selbst zurückkehrender Dop

Digitized by Google

ten, wie die Zeichnung sie darstellt. Der Planet geht Fig. 158.
n dem Puncte A seiner groſsen Axe durch die Hälfte
r kleineren Ellipse, und tritt in B in die groſse El-
ren Hälfte BCD er zurücklegt. Von diesem Puncte D
dann durch den Bogen DEBbA wieder zu dem an-
m Puncte A zurück, um von da an eine neue Pe-
es Umlaufs in zwei Ellipsen zu beginnen. Noch zu-
gesetzter erscheint die Planetenbahn, worin drei Ellip- Fig. 159.
r einander verschlungen sind, in welchen der Planet nach
lichen Ordnung der Zahlen 1, 2, 3... 13, 14, 1, 2...
me. Diese Bahn hat vier sogenannte geometrische
, nämlich die ersten beiden in den Puncten 1 und 3,
m zwischen 7 und 8, und den vierten zwischen 13
, während die einfachere Bahn der vorhergehenden Fi-
nen einzigen Knoten in B hat.

her bestand die Bahn des Planeten immer noch aus el-
s oder Ellipsen ähnlichen Figuren. Es giebt aber auch
n diese Aehnlichkeit mit Ellipsen gänzlich verschwin-
hat eine Bahn die Gestalt von neben einander liegen- Fig. 160.
len, die wechselsweise über und unter der groſsen
I einer Ellipse ACBD liegen, deren Brennpuncte F
ugleich die Orte der beiden Sonnen bezeichnen. Diese
berühren in ihren äuſsersten Puncten C, D, C′, D′...
lipse, und diese Berührungspuncte nähern sich in im-
gern Zwischenräumen den Puncten A und B der El-
während die Durchschnittspuncte a, 1, 2, 3... eben-
immer engeren Zwischenräumen, aber nur bis zu den
Endpuncten F und G fortgehn, doch so, daſs jene er-
rührungspuncte die Scheitel A, B, und daſs diese
hnittspuncte die beiden Brennpuncte F und G der El-
r nach einer unendlichen Anzahl von einzelnen Spira-
Curve erreichen.

e andere merkwürdige Planetenbahn ist die, wo wieder Fig. 161.
die Grenzellipse und F, G ihre Brennpuncte oder die
r zwei Sonnen bezeichnen. Der Planet, der von ei-
ncte E jener Ellipse ausgeht, durchläuft den Bogen
aCD, und wenn er am Ende dieses Wegs in dem an-
ncte D der Ellipse ankommt, geht er von da auf dem
Wege DCnB... wieder zurück nach E, um von die-
ncte E aus eine zweite Periode seiner Bewegung zu be-

ginnen. Die Geschwindigkeit des Planeten ist in der B am gröſsten, in den beiden äuſsersten Puncten D un ist sie gleich Null. Endlich giebt es noch den einfac Fig. 162. wo der Planet in dem Bogen CMD eine Hyperbel b deren Scheitel M in der groſsen Axe AB der Ellipse liegt, durch welche jener hyperbolische Bogen begre Hier ist die Geschwindigkeit des Planeten in M am während sie in den beiden Endpuncten C und D se verschwindet.

So mannigfaltig sind also die Gestalten der Plan nen, wenn *zwei* Sonnen auf sie wirken, selbst wenn hier geschehn ist, alle Curven von doppelter Krümm auch unter den ebenen Curven noch alle diejenigen au welche ins Unendliche fortgehende Aeste haben, u man endlich noch voraussetzt, daſs für die Attraction Sonnen nur das Newton'sche Gesetz Geltung habe. M von selbst, daſs ohne diese Beschränkungen die Anzal Verschiedenheit der hier vorkommenden Fälle noch ſser, ja wahrhaft unendlich groſs wird. Aber wel viel weiter gehenden Mannigfaltigkeiten hat sich die bei jenen Systemen vorbehalten, wo nicht bloſs zwei drei, vier und mehr Sonnen zugleich in einem Syste schen, oder wo, wie in den oben erwähnten Stern selbst Tausende von Sonnen sich in die Herrschaft ihnen unterworfenen Planeten theilen. Welche Kraft stes und der mathematischen Analyse wird erfordert um die so wunderbar verschlungenen Bewegungen de dieser Systeme zu entwickeln!

Noch haben wir eine merkwürdige Eigenschaft pelsterne zu erwähnen, die selbst schon bei dem er blick derselben zu augenfällig ist, um hier überga werden. Unter den einfachen Fixsternen sieht man ge nur solche, die in einem weiſslichen Lichte glanzen, dem Gelben und zuweilen dem Rothen etwas nähert. *blaue* oder *grüne* Sterne hat man, unter den einfachen bisher noch nicht gesehn. Nicht so bei den dopp vielfachen Sternen, wo diese letzten Farben sogar die schenden sind. So ist bei α Herkules und bei η der groſse roth und der kleine grün; bei ζ Orion,

Digitized by Google

n ist der groſse gelb und der kleine blau; bei λ Aries, n, β Orion, α Leo ist der groſse weiſs, der kleine i δ Serpens, ν Draco, so wie bei 28 und 59 Andro- d beide Sterne blau; bei γ Andromeda ist der groſse nd der kleine smaragdgrün; bei δ Orion ist der groſse d der kleine purpurroth; bei ε Einhorn ist der groſse d der kleine blutroth; bei κ Argo ist umgekehrt der in und der kleine dunkelroth u. s. w. Welchen An- g in jenem Systeme der Himmel gewähren, der von nen mit so verschiedenen Farben beleuchtet wird! z anders würde dieser Anblick des Himmels und der serm eignen Systeme seyn, wenn unsere Sonne, wie he allgemein glaubte, bloſs ihr weiſses Licht hätte, und ies Licht nicht aus so vielen andern von verschiede- en zusammengesetzt wäre! Die ganze Oberfläche der nie uns *farblos* erscheinen, oder vielmehr alle Gegen- n uns würden in einer düsteren Bleifarbe zu trauern , und unsere Häuser, unsere Gärten, Wiesen und ja der ganze Himmel selbst würde uns keine gröſsere ung der Farben darbieten, als etwa unsere Kupfer- it welchen wir jene Gegenstände darzustellen suchen. t so schön gefärbte Regenbogen würde als ein einfa- ser Lichtkreis erscheinen; die Fixsterne würden matt en Himmel blicken und der rosige Vorhang der Mor- d Abendröthe würde gleich der Decke unserer trüben ge seyn; das jugendliche Grün der Wiesen und Gär- ühling würde in das welkende Blaſsgelb des Herbstes ; der Diamant würde nicht mehr in dem Kranze der t und in dem Diadem der Fürsten strahlen, und selbst e Züge des menschlichen Angesichtes, diese Verräther ten Gefühle, würden weder mit dem Rosenlichte der ahe prangen, noch selbst jene krankhafte Röthe an- können, die der verrätherische Vorbote der Auflösung oft willkommenen Befreiung von dem schlaflosen La- schmerzes zu seyn pflegt.

n wir aber dieses wunderbare Farbenspiel der Natur er einzigen Sonne verdanken, welch ein Schauspiel s erwarten, wenn wir durch irgend eine höhere Macht e Planeten jener Doppelsonnen versetzt wären! Eine ne erhebt sich über den Horizont des erstaunten Be-

obachters, und Erde und Himmel glänzen in ihrem Purpu
In wenig Stunden folgt ihr eine andere, eine blaue, ein
Sonne, und mit ihr verändert sich plötzlich die ganze
Neue Welten scheinen sich mit diesen neuen Sonnen v
seren Blicken zu erheben, Erd' und Himmel in stetem
sel immer neue Gestalten und Farben anzunehmen, u
mitten aller dieser Umwandlungen können wir den u
allen Seiten umgebenden Proteus, können wir uns selb
mehr erkennen. Nicht mehr würden wir, wie bisher,
genstände um uns her durch ihre Farben unterscheiden,
abwechselnd in allen Farben erscheinen würden, u
Himmel nicht mehr blau, die Wiesen nicht mehr grü
Schnee nicht mehr weiſs seyn, da jeder Gegenstand,
der Tageszeit, in allen Farben des Regenbogens
würde.

Bemerken wir zum Schlusse dieser Betrachtunge
daſs man die Doppelsterne als die vorzüglichsten Mi
Prüfung der Fernröhre vorgeschlagen hat. Da in der T
meisten derselben als sehr scharf begrenzte, hellle
Puncte an dem schwarzen Hintergrunde des Himmels
nen, so sind sie sehr geeignet, zu untersuchen, ob
ihnen auf das Objectiv eines Fernrohrs gesendeten Lich
wieder in zwei ebenso scharf begrenzte Puncte in dem
puncte dieses Instruments vereinigt werden. Dazu komm
daſs, wenn beide Sterne groſs und hell sind und i
sehr nahe an einander stehn, das sie in schlechteren F
ren gewöhnlich umgebende parasitische Licht ihre D
nicht mehr gut erkennen läſst, und daſs daher das rei
vortreten dieser Duplicität im Fernrohre der beste Be
die Abwesenheit jener so schädlichen Irradiation des
ist. Solche Doppelsterne sind z. B. α Zwillinge, γ Jun
groſser Bär und mehrere andere. Sind aber im Geg
beide Sterne, oder auch nur einer derselben, sehr kl
wird wieder eine beträchtliche Lichtstärke und ein
raumdurchdringende Kraft des Fernrohrs, wie sie H
nannte, erforderlich seyn, um so feine und lichtschwach
noch deutlich zu erkennen. Wir theilen daher einig
Doppelsterne zur Prüfung der Fernröhre verschiedene
hier mit.

Sehr leicht und schon durch gewöhnliche achro

Digitized by Google

hr von etwa zwei Fuſs Focallänge und zwei Zoll
g laſsen sich die folgenden Doppelsterne erkennen:

ae majoris. Distanz $\Delta = 14''$ und scheinbare Gröſse
und IV.

dromedae. $\Delta = 11''$; Gröſse III, V.
rpentis. $\Delta = 22''$; Gröſse IV, IV.
rnis. $\Delta = 31''$; Gröſse V, VI.
ae. $\Delta = 44''$; Gröſse III, IV.

ärkere Fernröhre, etwa von 4 Fuſs Brennweite und 3
ll Oeffnung, erfordern die folgenden:

iscium. $\Delta = 5''$; Gröſse III, IV.
ra. $\Delta = 7''$; Gröſse V, VI.
ngul. $\Delta = 4''$; Gröſse V, VI.
ri. $\Delta = 6''$; Gröſse V, VI.
nm. $\Delta = 6''$; Gröſse VII, VII.
e minoris oder der Polarstern.
$\Delta = 19''$, Gröſse II, XI.

r der besten Art werden für die folgenden Doppel-
ordert:

pis. $\Delta = 3''$; Gröſse III, III.
ntis. $\Delta = 2''$; Gröſse IV, VIII.
ti. $\Delta = 2''$; Gröſse VI, VI.
ra. $\Delta = 1''$; Gröſse VI, VII.
ns (Rigel). $\Delta = 9''$; Gröſse I, X.
hm (Atlas). $\Delta = 1''$; Gröſse V, XII.
ae. $\Delta = 1''$; Gröſse V, VI.
ae. $\Delta = 2''$; Gröſse IV, VII.
ae. $\Delta = 1''$; Gröſse V, VII.

ich feine und nur durch ausgezeichnete Fernröhre
e Doppelsterne können endlich die zwei folgenden

apricorni, $A = 302°\ 45'$; $D = 15°\ 19'$ südl.; Di-
$\Delta = 3''$; Gröſse XVII, XVIII.
quulei, $A = 318°\ 30'$; $D = 6°\ 6'$ südl.; Distanz
$2''$; Gröſse XIV, XV.

letzten ist der Begleiter selbst wieder doppelt. Ein
welches diese zwei Doppelsterne deutlich zeigt, ist,

nach Herschel d. jüng., zu den schwierigsten Unters
geeignet, und nur wenn es diese Prüfung besteht, wi
Nutzen auf die zwei innersten Monde Saturns ode
äuſserst lichtschwachen Satelliten des Uranus angewe
den können.

G. Bewegung unseres Sonnensysten Weltraume.

Es ist bereits oben[1] gesagt worden, daſs die b
Rotation der Sonne um ihre Axe zugleich ein Beweis
diese Sonne auch eine progressive Bewegung im Ra
müsse, und daſs sie in der Bahn, die sie um einen
unbekannten Punct im Weltraume beschreibt, das g
ihrer Planeten und Kometen mit sich ziehe. Der al
schel suchte zuerst, wenn auch nicht die Gröſse,
Richtung dieser Bewegung zu bestimmen, und sein
zufolge soll unser Sonnensystem jetzt einen solchen I
ner Bahn beschreiben, dessen Tangente gegen das St
Herkules gerichtet ist. Es schienen ihm nämlich die
aus welchen dieses Sternbild zusammengesetzt ist, in
ter aus einander zu treten, während die des Eridanus,
des Herkules diametral gegenüber stehn, näher a
rücken sollen, was er durch eine Annäherung an j
auch durch eine Entfernung von diesen, zu erkla
Wenn man von zwei in der Zeit sehr von einander
Beobachtungen eines Fixsterns die Wirkungen der
so wie die der Nutation und Aberration, wegnimmt
man eigentlich die beiden Orte des Sterns für jene z
nicht weiter verschieden finden. Allein dieses ist
Fall, und man muſs daher voraussetzen, daſs jede
noch eine *eigene Bewegung* habe, diese mag nun
auch bloſs scheinbar seyn, in welchem letzten Fall
Folge der Bewegung unseres Sonnensystems seyn kö
che Bewegung sich also dann aus jenen Erscheinu
leicht ableiten lassen wird. Wenn nämlich jeder Fi
seine ihm eigenthümliche Bewegung hat, so muſs
Wahrscheinlichkeit gemäſs annehmen, daſs diese Be

1 S. Art. *Sonne*. Bd. VIII. S. 848.

Digitized by Google

...ziehung auf ihre Gröſse und Richtung, alle mögliche ...dene Werthe haben, so daſs sich in ihnen im Allge... ...nichts Gemeinschaftliches, kein Gesetz zeigen wird, ...welchem sie einhergehn. Wenn aber diese Bewegungen ...scheinbar sind, wenn sie nämlich, als bloſse optische Täu... ...nur durch die Bewegung unseres Sonnensystems ent... ...so wird sich, wenigstens bei den uns näheren Fixster... ...gewisse Uebereinstimmung dieser Bewegungen nach... ...lassen müssen, die aus der Richtung der Bewegung der ... entsteht. Allein am wahrscheinlichsten werden diese ...Fälle zugleich statt haben, oder jeder Fixstern wird, so ...unsere Sonne, seine eigene Bewegung haben, und ...werden die von uns beobachteten sogenannten eigenen ... derselben aus jenen beiden Ursachen entstehn, und ..., aus ihnen die Gröſse und Richtung der Bewe... ...Sonne herauszufinden, wird dadurch offenbar sehr ..., da es uns im Allgemeinen nicht möglich ist, diese ...Ursachen jener Erscheinung, die eigene Bewegung des ... und die unserer Sonne, von einander zu trennen.

... sogenannte eigene Bewegung (*motus proprius*) der ...die also nach dem Vorhergehenden besser die schein... ... (*mot. apparens*) derselben heiſsen würde, ist ...[1] besprochen worden. Wir fügen hier nur noch ... Tabelle derjenigen Fixsterne hinzu, deren bisher ... Bewegung sich durch ihre Gröſse auszeichnet.

	Eigene Bewegung während eines Jahrhunderts in Rectascension	in Declination
...Ursae majoris . .	164 Raumsec.	61 Sec.
... .	181 —	92 —
...Eridani	223 —	339 —
...Eridani	430 —	83 —
...Cephei	509 —	3 —
...Cygni	515 —	312 —
...propriae . . .	571 —	150 —

... kurz die Art anzuzeigen, wie man die Richtung ...wegung unseres Sonnensystems aus jenen beobachteten

[1] ... Art. *Fixsterne*. Bd. IV. S. 333.

Digitized by Google

eigenen Bewegungen der Fixsterne finden könnte, s
wir an, daſs unsere Sonne während eines Jahrhu
Fig. 163. Bogen AA′ beschreibe, der hier als eine gerade L
nommen werden kann. Sey C ein Stern als unbew
dacht, so wird er von der Sonne oder, was dasselb
der Erde aus, im Anfange und am Ende jenes Jahrh
S und in S′ am Himmel gesehn werden. Bezeichn
Winkel ACA′ = π die seculäre Parallaxe unseres S
der Winkel CA′B gleich m, wo B in der Verlän
Bogens AA′ oder in der Tangente dieses Bogens l
man endlich die beiden Distanzen AA′ = a und AC
hat man

$$\text{Sin. } \pi = \frac{a}{\varrho} \text{ Sin. m},$$

wo π den gröſsten Werth hat, wenn CA′ senkrec
oder wenn m = 90° ist. In dieser Gleichung ist
ϱ unbekannt, so daſs es daher unmöglich ist, aus il
soluten Werth der Parallaxe π zu finden. Sehen w
ob sich wenigstens die *Richtung* der Linie AB da
ten läſst.

Zu diesem Zwecke kann man zuerst suchen, ob
tungen der Linien AC, A′C, A″C..., welche die
Gesichtslinien für die auf einander folgenden Jahrhu
drücken, alle von einer einzigen geraden Linie AB
werden, oder nicht.

Bezeichnen α und δ die Rectascension und Dec
Sterns von der Sonne oder von der Erde gesehn, u
man die Lage des Sterns gegen die Sonne auf drei
Coordinaten x, y, z, von denen x in der Linie
gleichen und xy in der Ebene des Aequators liege
man die bekannten Gleichungen

$$x = \varrho \text{ Cos. } \delta \text{ Cos. } \alpha,$$
$$y = \varrho \text{ Cos. } \delta \text{ Sin. } \alpha,$$
$$z = \varrho \text{ Sin. } \delta.$$

Nennt man aber nach hundert Jahren die beobac
ascension und Declination desselben Sterns α' und δ
sie durch die Praecession auf die erste Epoche zu
worden sind, und ist A′C = ϱ', so hat man wiede

Digitized by Google

$$x' = \rho' \text{ Cos. } \delta' \text{ Cos. } \alpha',$$
$$y' = \rho' \text{ Cos. } \delta' \text{ Sin. } \alpha',$$
$$z' = \rho' \text{ Sin. } \delta',$$

wo also vorausgesetzt wird, daſs $\alpha\delta$ und $\alpha'\delta'$ bloſs wegen Bewegung unseres Planetensystems im Weltraume verschieden sind.

Sind nun X, Y und Z die analogen Coordinaten des Punctes B des Himmels, gegen welchen die Bewegung der gerichtet ist, und legt man durch das Auge des Beobachters und durch jene zwei scheinbaren Orte S und S' eines Sterns eine Ebene, so wird diese Ebene auch durch jenen Punct B gehn. Ist daher

$$z = Mx + Ny$$

die Gleichung dieser Ebene, so sind die Bedingungsgleichungen, die ausdrücken, daſs diese Ebene durch jene zwei Orte des Sterns und durch den Punct B geht, folgende:

$$\left.\begin{aligned} z &= Mx + Ny \\ z' &= Mx' + Ny' \\ Z &= MX + NY \end{aligned}\right|$$

Eliminirt man aber aus diesen drei Gleichungen die beiden Größen M und N und setzt der Kürze wegen

$$P = \frac{X}{Z} \text{ und } Q = \frac{Y}{Z},$$

so erhält man die Gleichung

$$0 = (x'y - xy') + (y'z - yz') P + (xz' - x'z) Q \,..\, (I).$$

Der Aufgabe gemäſs sollen nun alle Sterne nahe denselben Werth von P und Q geben, und da zwei Sterne hinreichen, diese zwei Gröſsen zu bestimmen, so werden dann alle übrigen beobachteten Sterne dazu dienen, diese Voraussetzung zu bestätigen oder zu widerlegen. Substituirt man in der Gleichung (I) für x, y.. ihre vorhergehenden Werthe und für δ, δ' ihre Complemente p, p' zu 90° oder ihre Poldistanzen, so erhält man, da $\alpha' - \alpha$ und $p' - p$ sehr kleine Gröſsen sind,

$$P.\,[(p'-p) \text{ Sin. } \alpha + (\alpha' - \alpha) \text{ Sin. p Cos. p Cos. } \alpha]$$
$$[(p'-p) \text{ Cos. } \alpha - (\alpha' - \alpha) \text{ Sin. p Cos. p Sin. } \alpha] - (\alpha' - \alpha) \text{ Sin.}^2 \text{ p} = 0 \text{ (II).}$$

Kennt man aber auf diese Weise die Gröſsen P und Q, so findet man auch die Rectascension A und die Declination D des Punctes B des Himmels, gegen welchen die Bewegung des Sonnensystems gerichtet ist, durch die Gleichungen

$$\text{Tang. A} = \frac{Q}{P} \text{ und}$$

$$\text{Tang. D} = \frac{\text{Cos. A}}{P} = \frac{\text{Sin. A}}{Q}.$$

Ex. Um den Gebrauch dieser Ausdrücke durch spiel zu erläutern, so fand man für das Jahr 1760 a telbaren Beobachtungen von *α* Aurigae

$$\alpha = 74^\circ\,44'\,59'',5\,;\;\; p = 44^\circ\,16'\,27'',5.$$

Bringt man bei diesen Zahlen die Praecession fü oder

$$+\,46'\,1'',243 \text{ und } -\,3'\,35'',604$$

an, so erhält man für das Jahr 1802

$$\alpha = 75^\circ\,31'\,0'',743 \text{ und } p = 44^\circ\,12'\,51'',89$$

Aber in demselben Jahre 1802 wurde wieder aus un Beobachtungen gefunden

$$\alpha' = 75^\circ\,31'\,14'',400 \text{ und } p' = 44^\circ\,13'\,12'',4$$

Man hat daher für die zwischen diesen beiden Beo enthaltenen 42 Jahre

$$\alpha' - \alpha = +\,13'',657 \text{ und } p' - p = +\,20'',50$$

Substituirt man diese Werthe in der Gleichung (II, im Mittel $\alpha = 75^\circ\,8'$ und $p = 44^\circ 15'$, so erhält m Gleichung (II)

$$20{,}085\,P + 1{,}732\,Q - 6{,}649 = 0.$$

Ebenso fand man

für	*α* Canis maj.	$49{,}072\,P + 12{,}479\,Q + 16{,}1$	
—	*α* Canis min.	$40{,}428\,P + 12{,}774\,Q + 28{,}6$	
—	*α* Bootis . .	$29{,}073\,P - 78{,}312\,Q - 43{,}2$	
—	*α* Lyrae . .	$12{,}216\,P - 6{,}466\,Q - 1{,}0$	

Um P und Q mit einiger Sicherheit zu finden, diejenigen Sterne wählen, deren scheinbare Bewegung ten ist. Die Summe der Gleichungen für *α* Canis m giebt:

$$89{,}500\,P + 25{,}253\,Q + 44{,}760 = 0,$$

und wenn man diese Gleichung mit der für *α* Boot det, so erhält man

$$P = -\,0{,}31174$$
$$Q = -\,0{,}66760$$

und sonach für die Rectascension und Declination de B, nach welchem die Bewegung der Sonne gerichtet

Digitized by Google

$$A = 244°58'$$
$$D = 53°37',$$

...ndings von dem durch Herschel angezeigten Orte im ...bilde des Hercules nicht sehr verschieden ist. Allein die ...en oben angeführten Sterne gaben für P und Q so wenig ...nander übereinstimmende Werthe, daſs man die ganze ...ndung wieder fallen lieſs und jene Idee Herschel's als ...echt oder doch viel zu wenig begründete Hypothese be...te[1].

Erst in den neuesten Zeiten hat Argelander diesen ...tand wieder vorgenommen ihn mit der ihm gebüh... Aufmerksamkeit genauer untersucht. Er fand, daſs ...ihm sehr gut gerathen hatte, wie denn von Männern ...r Art auch bloſse hingeworfene Ideen oft genug schon ...stätigung erst später gefunden haben. Argelander ...t 390 Sterne, und fand als Endresultat seiner wohl un...nder übereinstimmenden Rechnungen mittelst der Methode ...kleinsten Quadrate, für den Punct des Himmels, gegen wel...chen die Bewegung des Sonnensystems gerichtet ist,

$$A = 259° 50'; \quad D = 32° 29',$$

...ſs also dieser Punct bei u Herculis zwischen ε und π ...s Sternbildes liegt[2].

II. Veränderliche und neue Sterne.

Auch zu diesen merkwürdigen Gegenständen des Himmels, ...schon früher[3] angeführt worden sind, wollen wir hier ...erst in der neuesten Zeit erhaltene Zusätze nachtragen. ...olgende kleine Tafel enthält die vorzüglichsten der bisher ...nnten veränderlichen Sterne. Die Rectascension und ...tion derselben gilt für das Jahr 1800; die vierte Columne ...die Periode oder die Anzahl Tage, nach welchen der ...wieder zu seinem gröſsten oder kleinsten Lichte gelangt, ...zwei letzten Columnen endlich geben die scheinbaren ... derselben zur Zeit ihres stärksten und schwächsten

[1] Vergl. Berlin. Jahrb. 1787. S. 224 u. 1789. S. 214.
[2] S. Astronom. Nachrichten. Nr. 363.
[3] S. Art. *Fixsterne*. Bd. IV. S. 341 u. 345.

Digitized by Google

Lichtes, wo O anzeigt, daſs der Stern zur Zeit seines sten Lichtes gänzlich verschwindet.

Tafel der veränderlichen Sterne.

Namen der Sterne	Rectasc.		Declinat.		Periode in Tagen	Lic größt
o Wallfisch (Mira Ceti)	32°	19′	— 3°	53′	331,96	II
β Perseus (Algol)	43	48	40	11	2,8673	II
Löwe . . .	144	12	12	21	311,4	V
Jungfrau . .	187	5	8	5	145,46	VI
Hydra . .	199	42	— 22	15	494	III
Schlange . .	218	4	15	3	353	VIII
Krone . . .	235	5	28	47	335	VI
Schlange . .	235	22	15	45	340	V
α Herculis .	256	23	13	37	60 oder 7	III
Sobiesk. Schild	279	12	— 4	54	60,6	V
β Leier .	280	41	33	9	6,44	III
η Antinous .	295	34	0	30	7,17	IV
χ Schwan .	294	43	32	25	407,5	IV
δ Cepheus .	335	26	57	24	5,36	III
Wassermann	353	32	—16	23	382,5	VI

Ueber Mira Ceti und Algol ist schon oben (a. Vorzüglichste gesagt worden. Der dritte Stern des ob zeichnisses, im Löwen, wurde zuerst im J. 1780 von ein veränderlicher erkannt. Die Zunahme seines Lic 85, die Abnahme aber 140 Tage. Der Stern in der wurde zuerst von Harding als ein veränderlicher erk Stern in der Hydra fand Montanari im J. 1672; in der Schlange des Ophiuchus entdeckte Harding wie Pigott den in der Krone im J. 1782. Der le sonderbare Anomalieen in seinem Lichtwechsel, da er rere Jahre ganz unveränderlich erscheint und dan offenbar seine Lichtstärke wechselt. Den Dopp Herculis erkannte Herschel d. ä. im J. 1795 al derlich; die Zunahme seines Lichts dauert 22, die 39 Tage. Nach den neuesten Untersuchungen man seine Erscheinungen besser durch eine Peri Tagen vorstellen. Die Sterne im Sob. Schild und η entdeckte Pigott im J. 1784 und 1795; die Sterne β L

…ges aber Goodrike im J. 1784, und den im Schwan …n im 1686, so wie endlich den im Wassermann Harding … 1811.

…ne Zweifel giebt es noch viele andere solche in ihrem …e veränderliche Sterne, die aber noch nicht bekannt sind, … die Astronomen bisher noch nicht die Aufmerksam-…richtet haben, die sie in so hohem Grade verdienen, wie …ch wohl von den oben angeführten die Epochen und … noch mancher Verbesserungen bedürfen werden [1].

…Allgemeinen scheinen diese veränderlichen Sterne in … Eigenschaften unter einander überein zu kommen. … ist gewöhnlich röthlich, nach dem gröſsten Glanze …kupfer- oder dunkelroth; die Zeit der Zunahme des …ungleich geschwinder, als die der Abnahme; ihre …Lichtphase aber ist gewöhnlich gröſser als ihre gröſste, …ich scheinen auch die Perioden ihres Lichtwechsels so …Intensitäten ihres Lichtes in den verschiedenen Phasen …Aenderungen und Anomalieen unterworfen, von denen … noch keinen Grund angeben können.

… die allgemeine Ursache dieses wunderbaren Licht-… hat man verschiedene Muthmaſsungen aufgestellt. Wir … hier kurz an, ohne über ihren Werth entscheiden zu … Einige glauben, daſs diese Sterne, gleich unserer Sonne, … um ihre Axe haben, und an einer Seite lichtlos … mit mehrern dunklen Flecken bedeckt sind, wo sie … weniger sichtbar oder ganz unsichtbar werden, wenn … diese Seiten zuwenden. Andere lassen groſse dunkle … um diese Sterne gehn, die uns das Licht der letzten … wenn sie zwischen uns und jenen Sternen vorüber-… Wieder andere nehmen an, daſs diese Himmelskörper …ig gestaltet sind, wo sie dann, wenn sie während …tation um ihre groſse Axe uns ihre Kanten oder … Seiten zuwenden, unsichtbar werden. Auch wollte … abwechselnden Aufhellungen und Verdunkelungen … periodischen Abwechselungen ihrer Atmosphäre oder … periodischen Anspannen und Nachlassen jener

1 … v. Lindenau's u. Bohnenberger's Zeitschr. für Astron. Th. V. … und 316.

Naturkraft zuschreiben, durch welche das Selbstleuc
Gestirne hervorgebracht werden soll, u. dgl.

I. Neue oder wieder verschwundene S

Oefter schon hat man in früher ganz sternlosen
des Himmels unerwartet einen meistens gröſsern un
Stern gefunden, der früher nicht da gewesen sein ka
erste dieser *neuen* Sterne scheint derjenige zu seyn
Plinius[1] erwähnt, den Hipparch (150 Jahre vor
gesehn hat, und durch den dieser groſse Astronom
worden seyn soll, das erste Sternverzeichniſs durch
tungen zu construiren. Er soll, wie Plinius hinzuset
Instrumente zu diesem Zwecke erfunden haben, durch
ihre Gröſse und ihren Ort am Himmel bestimmen ko
mit die Nachwelt den Zustand des Himmels zu seine
fahren und jedes neu hinzugekommene Gestirn sogleic
solches erkennen möchte. Dieses Sternverzeichniſs,
Ptolemäus in seinem Almagest aufbehalten hat, en
die gröſsten, mit freien Augen sichtbaren Fixsterne,
wird diese Unternehmung, uns die Sterne des Him
diese Weise gleichsam zuzuzählen, von Plinius „ei
genes, die Gottheit beleidigendes Werk" genannt. W
er zu unserm Sternkatalog der Histoire céleste oder
sel's Zonenbeobachtungen gesagt haben, die beide geg
Sterne enthalten?

Ein zweiter neuer Stern erschien im J. 389 nach
zur Zeit des Kaisers Honorius, im Sternbilde des Ad
soll durch drei Wochen an Glanz der Venus gleichge
aber bald darauf wieder völlig verschwunden seyn, v
finianus, der ihn selbst gesehn haben will, erzählt.
ten Jahrhundert beobachteten zwei arabische Astronome
und Albumazar, einen solchen neuen Stern im
dessen Licht dem des Mondes in seinen Vierteln glich
nach vier Monaten ebenfalls wieder ganz unsichtbar w
Jahre 945 zur Zeit des Kaisers Otto des Groſsen
wie die Chronikenschreiber erzählen, einen solchen ne
hellen Fixstern zwischen dem Cepheus und der Cassiop

1 Hist. Nat. Lib. II. §. 24.

J. 1264 soll man nahe an derselben Stelle wieder ein Gestirn für einige Zeit bemerkt haben. Wichtiger, weil beobachtet, ist der neue Stern von 1572, den Tycho November d. J. in der Cassiopeia zuerst bemerkt hatte. von ganz vorzüglichem Glanze und erschien auf einer Himmels, wo Tycho früher durchaus nur sehr kleine bemerkt hatte. Er fand ihn so hell, daſs er selbst Ju- und Venus an Glanz überstrahlte, und daſs er sogar am freien Augen sichtbar war. Während der ganzen Sichtbarkeit konnte Tycho weder eine Bewegung, merkliche Parallaxe dieses Sterns beobachten. Nach aber nahm der Glanz dieses Gestirns allmälig ab, und verschwand endlich gänzlich im März 1574, Monate nach seiner Entdeckung, ohne daſs man seit- Spur von ihm auffinden konnte. Bei seiner ersten war sein Licht blendend weiſs, zwei Monate spä- es beträchtlich schwächer und gelblich; wieder in Monaten nahm es eine röthliche Farbe an, gleich dem Aldebaran im Stier, und im Anfange des Jahres zwei Monate vor seinem gänzlichen Verschwinden, er nur noch in einem grauen, bleifarbenen, dem ähnlichen Lichte. Goodrike, dessen wir schon den veränderlichen Sternen gedachten, ist der Mei- die angeführten neuen Sterne von 945 und 1264 Tychonischen Sterne von 1572 identisch sind, und dieser Stern ebenfalls ein veränderlicher Stern seyn periodischer Lichtwechsel 150 oder vielleicht 300 betrage. Allein jene zwei frühern Erscheinungen sind zu als daſs auf sie eine solche Behauptung mit Sicher- gegründet werden könnte, und es ist wohl wenig Wahr- scheinlichkeit vorhanden, daſs wir diesen Stern um das Jahr wieder sehen sollten.

anderer neuer Stern, dessen zuerst der Bischof Münter Briefen erwähnt, erschien am 10. October des Jahres östlichen Fuſs des Ophiuchus. Er soll nahe so hell Tychonischen gewesen seyn. Auch er verschwand im des folgenden Jahres 1605 wieder völlig. Kepler darüber ein eigenes, auch in mehrern andern Beziehun- tes Werkchen [1].

[1] stella nova in pede Serpentarii. Pragae 1606.

Im Jahre 1670 am 20. Junius entdeckte Anthel
Stern der dritten Gröſse im Schwan, der schon nach z
naten zur fünften Gröſse herabsank und bald darauf v
sichtbar wurde. Der berühmte Dominicus Cassini be
diesen Stern schon eifrig während der ganzen Zeit sein
barkeit.

Unter den kleinern und seltener beobachteten F
mögen Erscheinungen dieser Art wohl sehr häufig seyn
That kann man mehrere dieser kleinen Sterne, welc
Vorfahren in ihren Katalogen verzeichnet haben, nicht
Himmel finden. Manche dieser Lücken mögen allerdi
Ursprung in Beobachtungs-, Schreib- oder Druckfehle
aber es ist doch sehr unwahrscheinlich, daſs alle die
aus solchen Quellen entstanden seyn sollen. Jene gro
len, von den berühmtesten Astronomen ihrer Zeit beo
neuen Sterne aber lassen über ihre frühere Existen
Zweifel übrig. Wie sollen nun Erscheinungen diese
klärt werden? Newton schrieb sie dem Aufflamm
Kometen oder Planeten zu, der sich in seine Son
Vielleicht geriethen aber auch diese groſsen und an sich
Himmelskörper durch einen für sie verderblichen
Brand, wo sie dann groſse Räume des Himmels mit
dernden Flamme erleuchteten und dann für immer ve
Eine in Flammen untergehende Welt! Welch eine
phe, wenn eine Sonne und mit ihr Tausende von
und Kometen mit allen ihren zahllosen Schaaren von
Wesen in so kurzer Zeit und auf eine so gewaltsa
vernichtet werden.

K. Ursprung des Weltalls.

Das Weltall ist ohne Zweifel eben so wenig, a
Erde, die einen so kleinen Theil von jenem bildet, in
heren Zeiten immer in demjenigen Zustande gewesen,
chem wir dasselbe jetzt erblicken. Da Alles in der N
schiedene Stufen seiner Ausbildung durchläuft, so v
wohl der gegenwärtige Zustand des Weltalls nur ein
zähligen Metamorphosen seyn, die dasselbe zu durchl
um den ihm von seinem Schöpfer gesetzten Zweck zu
Es wird aber sehr schwer, wo nicht unmöglich se

Digitized by Google

in der Zeit und im Raum so weit von uns entfernten ... nde auch nur Einiges mit Verläſslichkeit zu sagen. ... s doch der frühere Zustand unserer eigenen Erde noch ... theils unbekannt, so viel man auch, besonders in den ... Zeiten, darüber gesprochen und geschrieben hat. Nur ... letztverflossenen Decennien haben eine ganze Masse ... logieen zu Tage gefördert, die aber gröſstentheils, ohne Kenntniſs des Gegenstandes zu fördern, nur den Erzeug- ... der Phantasie zugezählt werden müssen, durch welche ... walle von Tausend und Einem Mährchen noch eine ... liche Vermehrung zugewachsen ist. Zwar wagt man es ... Zeit nicht mehr, mit dem groſsen theologischen Geo- ... des XVIIten Jahrhunderts die groſsen fossilen Zähne am ... für die Backenzähne der gefallenen Engel auszugeben, ... Behauptungen dieser Art nicht mehr nach dem jetzt ... Geschmacke sind, so folgt daraus noch nicht, daſs ... zunächst nachfolgenden oder daſs die noch jetzt ... Phantasieen unserer neumodischen Naturphilosophen ... der vernünftiger seyn müssen. Nach den letztern z. B. ... Erde ein lebendiges, mit Sinnen und Eingeweiden ver- ... Thier seyn, das den animalischen Verrichtungen des ... Verdauens, Absonderns u. s. w. unterworfen ist, ... Processen die Ebbe und Fluth des Meeres und ... Erscheinungen auf und unter der Oberfläche der ... mit einer selbstgefälligen Sicherheit erklärt werden, die ... gläubigen Zuhörern keine weitern Zweifel zu erlauben.

Man muſs allerdings die Mühe beklagen, welche sich ... hilosophen geben, ihre Einfälle mit den Gesetzen und ... ungen der Natur in Uebereinstimmung zu bringen, wenn ... denkt, wie viel bequemer es sich ihr groſser Vorgänger, ... sche Geolog Woodward, gemacht hat, der sich um Uebereinstimmung so wenig kümmerte, daſs er ohne ... es von der Voraussetzung ausging, zu jener Zeit müssen ... der allgemeinen Naturgesetze noch nicht bestanden haben ... ch, auf eine Weile wenigstens, aufgehoben gewesen seyn, ... es beinahe scheint, die nicht minder ewigen Gesetze ... kens seyen auch in seinem Kopfe, für einige Zeit we- ... unterbrochen oder suspendirt gewesen, um dem Un- ... den der grundgelehrte Theolog auskramt, Platz zu machen. ... an wird nicht erwarten, hier Nachrichten über den ei-

gentlichen Ursprung des Weltalls, über die erste Ent
desselben, weder der Sache noch der Form nach, zu fin
uns der Anfang aller Dinge unbekannt ist und wohl an
mer mit einem undurchdringlichen Schleier verdeckt sey
Wir werden uns also begnügen müssen, auch nur einige
in diesen schwierigen Untersuchungen vorwärts zu th
etwa denjenigen Zustand des Weltalls kennen zu lerne
in der nächstvorhergehenden Periode statt gehabt hat, i
Periode, die vielleicht Millionen Jahre vor unserer gegenw
Zeit voraus liegt, und doch zugleich unendlich weit vc
Epoche entfernt liegt, welche die erste Entstehung die
genstände gesehn hat, eine Zeit, die für uns von einer
Nacht umhüllt wird, in die weder unsere Geschichte, nc
ser Verstand, noch selbst unsere lebhafteste Imagina
dringen im Stande ist. Aber auch jene uns nächste
steht doch immer noch so weit von uns ab, daſs keine i
lichen Nachrichten bis zu ihr reichen können. Unser
schengeschichte ist noch nicht volle vier Jahrtausende a
vor dieser Zeit ist alles Mythe und Finsterniſs. Wie
ser Zeit der Himmel, wie unser Mond, wie selbst unse
ausgesehn hat, davon ist keine Nachricht bis zu uns
men, darüber läſst sich also auch nichts Verläſsliche
sofern wir nämlich alle unsere Kenntnisse der Natur
den *Beobachtungen* derselben ableiten wollen. Und a
chen andern Quellen sollten wir sie ableiten können?

Indeſs ist uns, wenn auch der Weg, doch nicht d
sicht zu diesem Ziele so gänzlich verschlossen, daſs
nigstens eine genäherte Kenntniſs desselben als völli
unserem Bereiche liegend erklären müſsten. Wenn wi
Baum betrachten, der seinen Gipfel stolz zum Himmel
seine mächtigen Zweige weit umher über der Erde
tet und mit zahllosen Blättern, Blüthen und Früch
schmückt ist, so gehn wir wohl oft in Gedanken zur
das kleine unansehnliche Pflänzchen, auf das unans
Samenkorn, aus welchem sich dieser ganze prächtige Ba
tausend merkwürdige Metamorphosen allmälig entwick
Dieser Rückgang wird uns um so leichter, je genauer w
Samenkörner kennen, da wir diese Verwandlungen v
ersten Keimen dieses Korns, von den Kotyledonen, bis
vollendeten Wachsthume an so vielen andern Bäumen

genen Augen gesehen haben. Aber es würde uns nicht leicht seyn, wenn wir diese allmälige Entwickelung Baumes in einer Reihe von Jahren auch nie in der That achtet hatten, wenn wir aber dafür plötzlich in einen Garversetzt würden, in welchem wir eine groſse Anzahl dieser cke auf allen Stufen ihrer Entwickelungen erblickten, so wir gleichsam von jedem einzelnen Baume nicht nur seigegenwärtigen Zustand, sondern auch, durch Vergleichung einen Nachbarn, alle die frühern Zustände erkennen würdurch die er gegangen ist, so wie zugleich diejenigen, die in der Folgezeit noch durchwandern muſs, bis er endlich Bestimmung vollständig erreicht hat. Ganz in demselben sind wir aber auch, wenn wir den Himmel über uns seinen zahllosen Gestirnen betrachten. Wir können uns den Anblick desselben kaum des Gedankens enthalten, daſs dieser Himmel nur ein endloser Garten ist, der in einer losen Reihe von blühenden Gefilden die mannigfaltigsten auf allen Stufen ihres Wachsthumes enthält. Warum auch die Körper des Himmels, gleich den Zierden unse Erde, warum sollten nicht auch diese Zierden des himm Gartens einer ähnlichen stufenweisen Ausbildung und ung unterliegen?

Wenn wir das, was oben (Abtheilung E) über die ver denen Gestalten der Himmelskörper gesagt ist, näher be ten, so fühlen wir uns gleichsam gezwungen, diese allmä Verwandelungen derselben anzunehmen. Hier erblicken ganze groſse Gegenden des Himmels von mehrern Quadrat mit einem feinen, düstern, formlosen Nebel überzogen. hat sich die groſse Nebelwolke bereits in einzelne klei aufgelöst, die bereits in einem hellern Lichte dämmern gleichsam heerdenweise, unsern sogenannten Lämmerwol ähnlich, in oft groſser Anzahl neben einander stehn. In Gegende hat sich vielleicht durch das Ineinanderflieſsen kleinen bereits eine gröſsere, hellere Wolke, ein ei Centralpunct der Anziehung, gebildet, um den sich übrigen kleineren versammeln, in dem diese mit der Zeit vereinigen werden. Dort schimmert bereits eine solche an und Licht überwiegende Wolke, zwar noch Nebel, aber die Mitte schon heller und dichter und auch an ihren bereits der Kugelform sich nähernd. In jener noch

Digitized by Google

mehr abgerundeten Nebelkugel tritt bereits ein sterniges
aus ihrer Mitte hervor. Hier hat sich dieses Licht sc
einen eigentlichen hellstrahlenden Fixstern zusammeng
oder in mehrere solche Sterne, den Anfang einer eigen
Sterngruppe (Abth. E), gespalten. Dort stehen zwei sol
reinem Sternenlichte aufgeklärte, hellstrahlende Körper
beiden Brennpuncten eines sie umflieſsenden elliptischen l
dort zieht ein anderer heller Stern noch einen spindel-
fächerartigen Nebelschweif nach sich, während an unz
andern Orten des Himmels schon ganz ausgebildete, völl
bellose, eigentliche Fixsterne entweder einzeln, oder paarw
Doppelsterne, oder endlich wieder heerdenweise als eige
Sterngruppen gesehn werden. Sind diese letzten immer
wesen, oder sind sie erst aus jenen frühern Gestalten du
mälige Entwickelungen hervorgetreten? Man kann nicht
die letzte dieser Fragen bejahend zu beantworten, soba
diesen erhabenen Gegenstand, soweit er uns erlaubt ist
betrachtet.

Zu demselben Resulate gelangte auch LAPLACE[1],
auf folgende Weise darüber ausdrückt: „Herschel, en ol
les nébuleuses au moyen de ses puissans télescopes, a s
progrès de leur condensation, (non sur une seule, ses
ne pouvant devenir sensibles pour nous qu'après des
mais) sur leur ensemble, comme on suit dans une vas
l'accroissement des arbres sur les individus de dive
qu'elle renferme. Il a d'abord observé la matière ne
répandue en amas divers, dans les différentes parties
dont elle occupe une grande étendue. Il a vu dans qu
uns de ces amas cette matière faiblement condensée auto
ou de plusieurs noyaux peu brillans. Dans d'autres néb
ces noyaux brillent davantage rélativement à la nébulosi
les environne. Les atmosphères de chaque noyau vena
séparer par une condensation ultérieure, il en résulte d
buleuses multiples formées de noyaux brillans très vo
environnés chacun d'une atmosphère; quelquefois la
nébuleuse, en se condensant d'une matière uniforme,
les nébuleuses, que l'on nomme *planétaires*. Enfin u

1 Exposition du Système du monde. Vme éd. Par. 1824. p. 403.

Digitized by Google

… degré de condensation transforme toutes ces nébuleu- … en étoiles. Les nébuleuses classées d'après cette vue phi- … phique indiquent avec une extrème vraisemblance leur trans- … mation future en étoiles et l'état antérieur de nébulosité des … les existantes. Ainsi l'on *descend* par le progrès de la con- … sation de la matière nébuleuse à la considération du soleil … environné autrefois d'une vaste atmosphère, considération, à la- … quelle je suis *remonté* par l'examen des phénomènes du système … laire."

Wir werden später zu dieser von Laplace hier erwähnten … Beobachtung der Entstehung unseres *Sonnensystems* … zurück, nachdem wir zuerst die vorzüglichsten Theorieen sei- … Vorgänger kurz angezeigt haben.

So viel über die wahrscheinliche Entstehung des Weltalls … dem anfänglichen chaotischen Urnebel. Gehn wir nun zu … Betrachtungen über, die man über die Entstehung unseres … *Sonnensystems* aufgestellt hat [1].

I. Whiston's Theorie.

Nach Whiston war unsere Erde, und ebenso jeder an- … Planet unseres Systems, anfangs ein *Komet*, der sich wohl, … die Kometen, um die Sonne bewegte, aber ohne sich um … Axe zu drehen. In diesem Zustande konnte, nach ihm, … Erde auch keine Bewohner haben, sondern bloſs einem … Kometen gleichen. Nach vielen Millionen von Jahren … diese kometenartige Erde zufällig mit einem andern Kome- … zusammen, und nun fing jene an, um ihre Axe zu rotiren. … durch diese Rotation entstandene Wechsel des Tages und … Nacht lockte Pflanzen und Thiere und endlich auch die … Menschen auf der Oberfläche der Erde hervor. Nun begann … sogenannte paradiesische Periode der Erde, die unser Ver- … mit nicht minder lebhaften Farben schildert, als die dar- … folgende Verschlechterung der Menschen, die endlich so … geworden seyn soll, daſs es eines dritten neuen Kometen … um das ganze verruchte Geschlecht durch sein Wasser zu … Seitdem geht es, wie wir alle wissen, und bald wird … wenigstens Whiston wuſste, wieder so schlecht gehn,

[1] Vergl. Art. *Geologie*. Bd. IV. S. 1245.

Digitized by Google

daſs ein vierter und letzter Komet nothwendig seyn wi Uebel für immer abzuhelfen. Dieser letzte Komet wi weder so stöſsig seyn, wie der zweite, noch so wässe der dritte, sondern er wird ein *feuriger* Komet seyn, d auch die arme Erde mit allem, was in und auf ihr l Staub und Asche verwandeln wird.

William Whiston, geb. 1667, machte sich s früher Jugend durch sein mathematisches Talent so l daſs er Newton's Nachfolger als Professor der Mathe Cambridge wurde. Allein seine theologischen Streiti die ihm viele Feinde machten, waren auch die Ursach Entfernung (1710) von dieser Stelle. Seitdem lebt London von dem Unterrichte, den er Privatpersonen Mathematik gab. Seine zwei hierher gehörenden We „A new theory of the earth von der Schöpfung bis z summation aller Dinge," Cambridge 1708 und seine „ mical principles," welche Schriften bei ihrer Erschei die höchsten Producte des menschlichen Geistes b wurden und jetzt selbst unter den Freunden der Rom welchen sie im Grunde gehören, völlig vergessen sind

II. Theorie des Leibnitz.

Leibnitz ging von der Voraussetzung aus, daſs neten und Kometen, unsere Erde selbst nicht ausgeno der Vorzeit wahre Sonnen gewesen sind, die aber, na ein höheres Alter erreicht hatten, ihre frühere Jugend gleich mit ihrer Fähigkeit der Selbstleuchtung verlore wir sie jetzt nur noch in dem von der Sonne geborgte sehn. Er war von dieser Hypothese so eingenommen, sogar die Zeit dieses allgemeinen Erlöschens jener W mit chronologischer Präcision in jener Epoche der Sch geschichte setzte, in welcher, nach Moses, „die Finster von dem Lichte trennte." Obschon aber Leibnitz di mit seinem gewohnten Scharfsinne auszuführen und Reizen der Einbildungskraft auszuschmücken wuſst man in seiner *Protogea* selbst nachsehn kann, so doch wohl kaum der Erinnerung, daſs es sich hier nur nen Traum handle, dem nichts Wesentliches zum Grun um einen Traum, der, selbst wenn er wahr wäre, zu

Digitized by Google

...s von dem Ursprunge des Sonnensystems nichts bei... könnte. Denn woher kommen alle jene ursprünglichen ...? Oder warum ist die noch jetzt scheinende Sonne' nicht ... älter und schwächer geworden? Warum bewegen sich ...schenen Sonnen alle von West nach Ost in nahe kreis... Bahnen und beinahe in derselben Ebene um jene noch ... stillstehende Sonne? Diese und viele andere Fragen ... ganz unbeantwortet, wie denn überhaupt seine ganze ...gonie nur eine von den vielen hingeworfenen Ideen ist, ...chen der groſse Mann sich in denjenigen Stunden zu ...gen pflegte, in welchen er das feste Feld der sicheren ..., das er so glücklich bebaute, verlieſs, um sich auf ... weicheren Moorboden der Phantasie zu ergötzen.

III. Buffon's Hypothese.

...ſser dem Genannten haben sich noch mehrere Andere ... Kosmogenie Verdienste zu erwerben bemüht. Wir ... hier in Kürze nur Einige derselben. Burnett[1] z. B. ... die Schöpfungsgeschichte der Genesis auf eine zuweilen ...derbare Weise mit seinen eigenen höchst excentrischen ... über diesen Gegenstand in Uebereinstimmung zu bringen. ...tes[2] nahm eine ursprünglich harte chaotische Urmasse ... durch die Wirkung innerer Kräfte in Stücke zersprengt ... Diese Stücke setzten sich sofort in den sie allenthalben ...den und selbst bewegten Aether in eine wirbelnde Be... woraus dann, man sieht nicht recht, auf welche Weise, ... Mond und Planeten herausgewirbelt wurden. Pallas[3] ... die Entstehung der Welt, ohne alle Hülfe des Feuers, ... dem Wasser des Urmeeres ab. Lazaro Moro[4] wurde ... die Entstehung des bekannten Monte nuovo bei Neapel ...538 auf seine Schöpfungsgeschichte geführt, in welcher ...theile kein Wasser thätig ist, sondern Alles aus dem ...euer erklärt wird. Marschall von Biederstein[5] stellte

---

1 Telluris theoria sacra. Lond. 1816.

2 Principia Philosophiae. Amst. 1685.

3 Observations sur la formation des Montagnes. Petersb. 1777.

4 Dei Crostacei cet. Venez. 1740.

5 Ueber den Ursprung des Weltgebäudes. Gieſsen 1802.

die Meinung auf, daſs die Planeten und ihre Mond Conglomerate von Meteorsteinen, also desselben U mit unseren sogenannten Sternschnuppen sind, und gleichen Behauptungen mehr sind, die z. B. von Silber Maillet, Wrede, Lamont, Hutton u. a. m. zu M bracht wurden.

Auch Buffon versuchte seine Kraft an diesem int Probleme, und seine Auflösung desselben wurde lange gemein bewundert. Nach ihm war im Anfange all bloſs die Sonne mit einer Unzahl von Kometen da letzteren in allen möglichen Richtungen um die erste ten. Einige von diesen Schwärmern muſsten mit der Sonne näher kommen, als es ihnen selbst lieb sey Diese Begegnung konnte entweder in einer auf die der Sonne beinahe senkrechten, oder in einer gegen di fläche sehr schiefen Richtung vor sich gehen. Im er stürzte der Komet auf die Sonne, um fortan mit die nur *einen* Körper zu bilden. Im zweiten aber muſst met ein gröſseres oder kleineres Stück vom Sonnenl reiſsen, mit sich vereinigen und auf seiner weiten sich fortführen. Da die Sonne, wie Buffon sehr ge flüssig ist, und da alle Kometen, wie er ebenfalls w der Westseite kommen müssen, wenn sie die Sonn wollen, so erklärt sich dadurch, wie er sagt, glei selbst schon die Entstehung sowohl, als auch die Bewegung der Planeten von West gen Ost. Je rissene Sonnenstück nämlich, das der Komet in der nes Baches, eines Wasserschweifes hinter sich her trennte sich allmälig in mehrere Theile, die je nach schiedenen Entfernung von der Sonne auch eine ve Geschwindigkeit hatten und die eben durch diese auch zugleich eine Rotation um ihre Axe, wieder gen Ost, erhalten muſsten. Auf diese Weise sin Planeten entstanden, und was die Satelliten betrifft, holte sich bloſs dasselbe Schauspiel noch einmal in an den Planeten, welches wir oben an der Sonne ges

Der blühende Styl dieses Naturforschers und die cherheit, mit welcher er auftrat, erwarben ihm a Beifall. In der That lieſs er sich, bei dem Vort Romans, in das kleinste Detail seines Gegenstande

Digitized by Google

herab, als wäre er selbst bei der Entstehung unserer ein naher Zuschauer gewesen. So behauptete er z. B., das von dem Kometen abgerissene Sonnenstück, aus welchem später unsere Erde entstand, volle 3000 Jahre im Zustande des Weiſsglühens und weitere 34000 Jahre durch die Wirkung der Hitze im Flusse gewesen sey. Am Ende dieser zweiten Periode sey das Meer noch ganz in der Atmosphäre gewesen, weil die Erde noch immer so heiſs war, daſs alles Wasser derselben in Dämpfe verwandelt werden muſste. Endlich, nach 25000 Jahren, fiel dieses allmälig erkaltende Wasser in Regen, oder vielmehr in reichen Strömen, aus der Luft zur Erde herab und bedeckte die Oberfläche dieser Erde bis auf eine Höhe von 12000 Fuſs. In den folgenden 20000 Jahren senkte sich dieses Wasser allmälig in die Tiefen der Erde; die Oberfläche der Erde wurde allmälig trocken, und zwar zuerst in den Aequatorialgegenden, und was dergleichen Dinge mehr sind, die er seinen Lesern alle als unbezweifelbare Wahrheiten, die unmittelbar aus seinen Berechnungen (!) hervorgegangen seyn sollten, aufzudringen sucht.

IV. Franklin's Erklärung.

Nach Mariotte's bekanntem Gesetze ist die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft ihrem Gewichte proportional, so daſs ein doppelter oder dreifacher Druck auf ein gegebenes Volumen Luft dieselbe auch zwei- oder dreimal dichter macht. Denkt man sich eine senkrechte, oben offene Röhre im Innern der Erde, und nimmt man an, daſs die Luft in dieser Röhre mit der äuſseren Atmosphäre dieselbe Temperatur habe, so würde, wenn jenes Gesetz für alle Tiefen, d. h. für jede Dichte der Luft gilt, die Luft in der Röhre bei einer Tiefe unter der Oberfläche der Erde von 7,5 deutschen Meilen schon eine so große Dichte haben, daſs auf ihr unser Wasser schwimmen würde. Bei einer Tiefe von 10,5 Meilen würde das Blei und in einer Tiefe von 12 Meilen sogar das Gold auf der so verdichteten Luft schwimmen müssen. Wenn aber der Druck, der auf einer so sehr verdichteten Luft lastet, plötzlich aufgehoben oder auch nur sehr verkleinert würde, wenn also die Last der über dieser so sehr verdichteten Luftschicht ruhenden Atmosphäre nachlieſse, so würde jene dichte Luftschicht,

gleich einem unter dem Wasser ausgelassenen Korkholze, in die Höhe fahren und so lange steigen, bis sie mit d übrigen auf ihr lastenden Atmosphäre wieder im Gleic seyn würde. Dieses als bekannt vorausgesetzt ist es n ter nicht mehr schwer, Franklin's Hypothese gehör fassen. Er geht von der Ansicht aus, wonach unsere ihrem Innern nicht fest, sondern flüssig seyn soll, a Flüssigkeit hält er für so dicht, daſs auf derselben a Körper, die wir auf der Oberfläche der Erde kennen, men. Er hält dafür, daſs diese innere Flüssigkeit nichts anderes, als Luft ist, die aber durch die a mosphärische Luft nach dem erwähnten Mariotte'schen bis zu jener gewaltigen Dichte zusammengedrückt we In dieser so stark verdichteten Luft werden sich nun a Körper, die entweder in sie gerathen oder die sich aus ihren heterogenen Bestandtheilen entwickeln, jeder in e stimmten Entfernung vom Mittelpuncte der Erde setze wenn ihrer mehrere, in gleichen Entfernungen von d telpuncte, zusammenkommen, so werden sie eine Art vo eine Rinde oder Kugelschale bilden, welche die inne dichtere Luft ringsum einschlieſst, und die an manch Stellen so dünn und schwach seyn kann, daſs sie d von innen auf sie wirkende Kraft leicht dem Zerbre gesetzt wird.

Franklin nimmt dem gemäſs an, daſs alle Weltm den in ihr wirkenden Kräften anfänglich nur in de eines Dunstes durch den Raum des Universums verb wesen ist. Als nun die Anziehung der einzelnen Thei Materie zu wirken begann, muſsten sich die schwerern theilchen dem Mittelpuncte immer mehr nähern, und sich vermöge ihrer Elasticität auch gegenseitig abstieſs gleich immer dichter werden, je mehr sie sich anhäuft durch dann eben die erwähnte Luft- oder Dunstkugel den ist, in welcher sich die übrigen Körper auf die an Weise festsetzten. Viele dieser Körper, die anfangs dur Fall zu tief in jenen verdichteten Dunst herabgesunk stiegen nachher wieder auf, schlossen sich an die üb und bildeten endlich diese Kruste, diese Oberfläche d die wir bewohnen, und die jetzt so tief in die ganze L eingesenkt ist, daſs bloſs noch unsere gegenwärtige Atm

Digitized by Google

hinausragt. Chemiſche Proceſſe, Gasentwickelungen, ... von Dämpfen, die unter dieſer Kruſte in der dort verdichteten Luft ſtatt haben, werden dieſe Kruſte an ... Stellen durchbrechen, wodurch die neptuniſchen und ... Revolutionen erklärt werden können, die unſere ... ſo oft erlitten zu haben ſcheint, oder ſie werden, ... Rinde nicht durchbrechen können, dieſelbe doch ... Stellen bedeutend erheben, wodurch unſere Berge ... oder ſie werden endlich in jener untern Luft groſse, ... Bewegungen hervorbringen, die ſich auf Hunderte ... erſtrecken, und uns, auf der Oberfläche dieſer Kru... ...beben erſcheinen. Dieſer urſprüngliche Dunſt, dieſe ... chaotiſche Urmaterie, oder wie man ſie ſonſt nen... ... iſt nicht mit unſerer atmoſphäriſchen Luft identiſch; ... iſt vielleicht nur ein Product oder auch der fein... von jener. Wir haben bereits oben, bei Betrachtung ...gruppen und Nebelmaſſen des Himmels, die Annahme ... nebelartigen Urmaſſe ſehr wahrſcheinlich gefun... Idee, die Herschel durch ſeine Beobachtungen be... ... und die auch ſchon Newton hegte, welcher der ... daſs die ganze Welt ſich aus einem flüchtigen niedergeſchlagen habe, wie ſich etwa Waſſer aus Däm... ...ſchlägt, und daſs dann dieſer Niederſchlag zu den ... Formen zuſammengeronnen ſey, die wir jetzt Körpern der Erde bemerken.

... der Ausdruck, ſetzt Lichtenberg hinzu, daſs auch ... Körper in letzter Analyſe aus Luft beſtehn ſollen, ... erſcheint, der erinnere ſich nur, daſs die Miſchung ...mter Luftarten ebenfalls Waſſer gebe, und daſs aus ... werden kann, ja daſs ſich auch mehre Luftarten, ... bloſse Abnahme der Temperatur, vielleicht in ganz ... verwandeln laſſen. Daſſelbe Waſſer, auf gebrann... gegoſſen, erhärtet mit ihm zu einem ſteinartigen ... dem wir Statuen machen, welche letzteren alſo ei... ...nach aus bloſsen Luftarten beſtehn. Waſſer entſteht ...ft; viele Pflanzen entſtehn aus dem Waſſer, und Thiere leben allein von Luft, Waſſer und Pflanzen, alſo, ſie leben von Luft und von ſolchen Körpern, ebenfalls Luft geweſen ſind. In dieſem Sinne kann ſagen, daſs dieſe Thiere ſelbſt früher Luft geweſen

ſind, und daſs daher der Elephant mit aller ſeiner Maj ſeinem harten Elfenbeine aus Dunſt zuſammengero wie Franklin's Welt. In der That, da die Natur ih zen und Thiere nicht baut, wie wir unſere Häuſer ba dern da ſie ſich bei ihren Productionen derjenigen Kräft die ſie in die kleinſten Elemente der Körper gelegt l da eben dieſe Kräfte nun wieder in den kleinſten wirkſam ſind, ſo iſt immer und überall Flüſſigkeit, ſte Flüſſigkeit nöthig, damit ſich alles finden und a fügen kann. Da aber auch dieſe Flüſſigkeit, wenn da wäre, ſich bald in den unendlichen Raum zerſtr durch ihre eigene Schwere nach den tiefſten Stel würde, ſo müſſen dieſe flüſſigen Körper auch in d. h. in luftförmige Körper übergehn, und ſo ſind letzter Inſtanz, immer wieder gezwungen, auf eine a dunſt- oder luftförmige Materie zurückzugehn.

V. Laplace's Theorie.

Wenn wir die Einrichtung unſers Sonnenſyſte betrachten, ſo bemerken wir in der Anordnung d aus welchen dieſes Syſtem beſteht, einige Eigenhei denen wir uns bisher noch keinen Grund angeben ko aber deſſenungeachtet höchſt wahrſcheinlich eine ſol müſſen, weil ſie *allgemeine* Eigenſchaften des Sy oder weil ſie bei *allen* Körpern deſſelben ohne Ausr merkt werden. Warum die Diſtanzen der Planeten vertheilt, warum die groſsen Axen ihrer Bahnen eben tet, warum die Maſſen und Dichtigkeiten dieſer Kör abgewogen ſind, wie wir es jetzt in unſerm Sonn bemerken, davon können wir keine Urſache angebe auch keine Veranlaſſung, eine ſolche Urſache aufzuſ alle die genannten Elemente durchaus nichts Regelmä gen, ſondern bloſs zufällig ſo vertheilt zu ſeyn ſchei ſie es in der That ſind. Aber ganz anders verhäl Sache mit einigen andern Elementen der Planetenbal denen man nämlich eine gewiſſe, allen dieſen Bahne ſchaftliche Regelmäſsigkeit bemerkt.

Man hat nämlich, nicht ohne Verwunderung, daſs alle Planeten ohne Ausnahme in *derſelben* Ric

Digitized by Google

gen Ost um die Sonne gehn; dasselbe sieht man auch der Satelliten wiederkehren, die sich ebenfalls in derselben Richtung um ihre Hauptplaneten bewegen. Ja selbst ... Rotationen der Planeten um ihre Axen gehn ... wieder in derselben Richtung vor sich. Dieses ist in der That sehr auffallend. Denn unser System, so weit ... jetzt kennen, besteht aus eilf Planeten und acht- ... Satelliten. Von denjenigen Planeten, deren Rotation uns ... die Beobachtungen bekannt geworden ist, kennen wir sechs, ... auch die Sonne, unsern Mond, die vier Monde Jupi- ... einen Mond, so wie den Ring des Saturn. Dieses ... dreiundvierzig Bewegungen, die alle nach der- ... Seite gerichtet sind. Eine so groſse Anzahl kann aber ... die Folge eines bloſsen Zufalls seyn. Nach den ... der Wahrscheinlichkeitsrechnung kann man in der That ... Millionen gegen Eins wetten, daſs dieser Erscheinung ... bestimmte, sie alle umfassende Ursache zum Grunde lie- ... Wir sind daher gleichsam gezwungen, anzuneh- ... daſs irgend eine uns unbekannte Kraft diese Regel- ... der Bewegungen von West gen Ost hervorgebracht

... andere, nicht minder auffallende Eigenschaft unseres ... die *geringe Excentricität*, die wir beinahe bei al- ... und Satellitenbahnen beobachten. Von den sie- ... Planeten gilt dieses, selbst bei Mercur, und auch ... vier neuen unterliegen Ceres und Vesta demselben ..., während bloſs Pallas und Juno eine bedeutendere, ... noch lange keine so groſse Excentricität haben, wie ... Juno hat die gröſste Excentricität unter allen ..., der Biela'sche Komet hat die kleinste unter allen ... Aber wie verschieden sind doch noch diese beiden ...! Die Excentricität der Junobahn beträgt nur 0,25, ... die der Biela'schen Kometenbahn schon 0,75 ihrer ... groſsen Axe einnimmt. Dasselbe gilt auch von den ... dieser Bahnen gegen die Ekliptik, oder vielmehr ... den Sonnenäquator. Diese Neigungen sind bei allen ... und Satellitenbahnen ungemein klein, und selbst bei ... neuen Planeten noch so gering, während im Ge- ... die Neigungen der Kometenbahnen alle Grade des ... von 0 bis 180° durchlaufen.

Digitized by Google

Wie sollen wir uns aber diese drei merkwürdigen thümlichkeiten unseres Sonnensystems erklären? So viel daſs die eigentliche Ursache derselben schon bei der erste hung dieses Systems wirksam gewesen seyn muſs, nämlich diese Eigenthümlichkeiten, wenn man sie erklären will, nur aus dem ursprünglichen Zustande di stems erklären kann. Franklin's oben mitgetheilte H geht, wie man gesehn hat, mehr die Entstehung Ausbildung unserer Erde an, sie ist ein geologischer, k mogenischer Versuch, und fällt daher hier auſser un trachtung; Buffon's Hypothese aber soll eine eigentlic mogenie seyn. Sehen wir zu, ob sie jenen Eigenthüml des Sonnensystems entspricht. Buffon's Hypothese offenbar sehr gut, warum die jährlichen Bewegungen neten alle dieselbe Richtung haben. Denn wenn si That alle durch einen Kometen entstanden sind, der, i auf seinem Lauſe die Oberfläche der Sonne streifte, ein derselben mit sich fortgerissen hat, so müssen offenba entstandene Körper sich mehr in derjenigen Ebene l die durch den Mittelpunct der Sonne und durch die l des materiellen Stromes ging, aus welchem sie entstand Allein die übrigen oben erwähnten Eigenthümlichkeite Planetensystems werden durch diese Hypothesen offenb erklärt, nämlich man sieht nicht, warum auch die Bewegungen der Planeten und ebenso auch der Satel ihre Axe alle nach einer und derselben Seite gerich und warum die Excentricitäten ihrer Bahnen alle nur kl Wenn ein Himmelskörper auf seinem Lauſe um die So selben so nahe kommt, daſs er die Sonne an ihrer O beinahe berührt, so wird er, wie aus der Theorie der kräfte bekannt ist, bei jeder jährlichen Wiederkehr zu ben Puncte seiner Bahn diese Oberfläche der Sonne wi rühren, woraus denn folgen würde, daſs die Planeten sie den von Buffon aufgestellten Ursprung in der Tha hätten, nicht in nahe kreisförmigen, sondern umgekehrt excentrischen Bahnen um die Sonne lauſen müſsten. sieht man auch nicht, warum die Bahnen von mehr bereits berechneten Kometen alle ohne Ausnahme so centrisch sind, wenigstens wird man von dieser Ersc in Buffon's Hypothese keinen annehmbaren Grund finden

Digitized by Google

lmacr hat diesen Gegenstand auf folgende Weise zu
gesucht. Welches auch, sagt er, die wahre Ursache
mag, welche jene Erscheinungen hervorgebracht hat, sie
ihre Wirkung auf das *ganze* Planetensystem ausgedehnt
Wenn man aber die ungeheuern Distanzen berücksich-
welche diese Planeten von einander und von der Sonne
, so läſst sich jene Ursache wohl nur in einer durch
ganzen Planetenraum ausgedehnten, flüssigen Materie fin-
Diese Flüssigkeit wird die Sonne, gleich einer unge-
Atmosphäre, umgeben und zugleich eine nahe kreis-
Bewegung um dieselbe und zwar von West gen Ost
nach der Richtung der Zeichen des Thierkreises gehabt
Vielleicht also, daſs die ursprüngliche Atmosphäre der
, in Folge einer sehr hohen Temperatur dieses Himmels-
, anfangs bis an die äuſsersten Grenzen des Planeten-
ausgedehnt gewesen ist und daſs sie sich in einer
enfolge von vielen Jahrtausenden allmälig immer mehr
mehr abgekühlt und dadurch gegen den Mittelpunct der
zurückgezogen hat. In jenem ursprünglichen Zustande
also unsere Sonne jenen Nebelmassen geglichen haben,
uns die Fernröhre so viele am Himmel gezeigt haben, je-
, kugelförmigen Lichtwolken, in deren Mitte man
mehr oder weniger hellen Kern, den künftigen Fixstern,
, der aus der Condensation, aus dem Niederschlage des
gebenden Nebels entstanden ist und sich, aus derselben
seine Nahrung ziehend, auch noch weiter ausbilden
, bis die anfangs vielleicht ganz diffuse, auf einen unge-
Raum zerstreute, weder scharf begrenzte, noch selbst
die stärksten Teleskope bemerkbare Nebelwolke sich
, nach Millionen von Jahren, auf einen Fixstern zu-
gezogen, zu einer eigentlichen Sonne ausgebildet hat.
anfänglich so weit ausgedehnte Atmosphäre der Sonne
men, wie soll sie die oben erwähnten übereinstim-
progressiven und rotatorischen Bewegungen der Plane-
verursacht haben? Wenn diese Planeten schon mit oder
ner Atmosphäre, auſserhalb derselben, da gewesen und
erst nach ihrer Entstehung durch ihre Bewegung in diese
sphäre gefallen wären, so würden sie, in Folge des Wi-
des dieses Mediums, alle in die Sonne selbst, in den
punct jenes groſsen Himmelskörpers gerathen seyn und

sich mit ihr für immer vereinigt haben. Man wird
nehmen müssen, daſs diese Planeten erst später, erst i
ser Atmosphäre entstanden sind, daſs sie aus dieser At
selbst, nämlich an den verschiedenen Grenzen derselben,
den sind, die sich durch die allmälige Verkühlung jener
heiſsen Nebelmassen gebildet haben, wo sich, besonde
Nähe des Aequators derselben, Krusten von gröſser
und Härte bildeten, die sich allmälig conglomerirten
förmige Körper bildeten und sich endlich von der si
weiter zusammenziehenden Nebelmasse trennten, um a
ständige Körper für sich zu existiren.

Nach den Grundsätzen der Mechanik kann die At
der Sonne zu keiner Zeit wahrhaft unendlich gewes
ihre Grenze müſste dort sich finden, wo die aus ihrer
hervorgehende Centrifugalkraft ihrer Schwere gegen de
punct das Gleichgewicht hält. Je mehr sich aber
mosphäre in der Folge der Zeiten zusammengezo
an ihrer jedesmaligen äuſsersten Grenze verdichtet ha
gröſser muſste auch die Rotationsgeschwindigkeit diese
werden. Dadurch wurde aber auch die Centrifugalkr
Grenze gröſser, und dieses vermehrte wieder die M
und Wahrscheinlichkeit der Absonderung jener Körper
den allmälig immer kleinern Grenzen jener Atmosphä
Nähe ihres Aequators, wo die Centrifugalkraft am grö
durch die erwähnte Conglomeration derselben hervor
sind. Diese Körper muſsten auch, nachdem sie sich
Sonne getrennt hatten, ihre frühere kreisförmige Bewe
die Sonne noch immer fortsetzen, eben weil an den G
sie entstanden, die Centrifugalkraft derselben ihrer Sch
gen die Sonne nahe gleich gewesen ist. Für die ander
Aequator weiter entfernten Theile dieser auf einander f
Erkühlungsschalen der Sonne war die Schwere gegen
telpunct gröſser, als ihre Centrifugalkraft, und dies
muſsten sich daher dem Mittelpuncte immer mehr na
sie, auf diesem Wege, auch dem Aequator allmälig n
men und endlich auch hier wieder das Schicksal vo
theilten, sich von der Sonne selbst trennten und als
bestehende, isolirte Körper sich um dieselbe bewegten.
entstehenden Zonen der durch die Abnahme ihrer Te
verdichteten Sonnenatmosphäre bildeten wahrscheinlich

Digitized by Google

he Ringe, deren gemeinschaftlicher Mittelpunct das er Sonne war. Die gegenseitigen Reibungen der Theile eines jeden solchen Rings werden so lange oder gewirkt haben, bis sie endlich alle *dieselbe* regung erhalten haben und der ganze Ring im ehte sich bewegen konnte. Dann muſsten also die ittelpuncte entfernteren Theile des Ringes eine grö- Geschwindigkeit haben, als die näheren Theile. alle Theile eines solchen Dampfringes sich durch- *äſsig* verdichteten, so muſste aus ihm mit der Zeit r ringförmiger Strom oder selbst ein fester ringför- per entstehn. Allein man sieht, daſs eine solche Verdichtung und Abkühlung aller Theile eines sol- pfringes bei den unzähligen, auf die Bildung des- irkenden, Störungen wohl nur sehr selten sich er- nte. Auch haben wir in unserm Planetensysteme einzigen Fall dieser Art, nämlich den Saturn mit e oder mit den mehrfachen, ihn concentrisch um- ingen. In beinahe allen andern Fällen muſste ein g noch vor seiner vollendeten Bildung in mehrere eiſsen. Diese Stücke, deren Geschwindigkeiten un- nur wenig verschieden war, bewegten sich dann elben Distanz um die Sonne; sie nahmen, da sie e, jedem Eindrucke leicht nachgebenden Massen be- n Regeln der Mechanik gemäſs, eine sphäroidische und alle bewegten sich (wie der Ring, aus dem n, wie die ursprüngliche Sonnenatmosphäre selbst, me Ringe entstanden) in *derselben* Richtung von m Ost um die Sonne. Selbst ihre Rotationen um die Axen dieser Sphäroide muſsten dieselben nach Ost Richtungen erhalten, da bei ihrer ersten Entstehung Sonne näheren Theile eine kleinere reelle Geschwin- atten, als die entfernteren. Auf diese Weise entstan- die Planeten, die selbst anfangs, wie die Sonne, aus hoſs sie hervorgingen, nur dunstförmige Körper ge- ren mögen, deren Dichtigkeit aber schon beträchtlich war, als die Dichte der Sonnenatmosphäre in der Ge- n sie, durch Conglomeration dieser Atmosphäre, ent- und. Eins dieser Stücke, die aus dem zersprungenen hervorgingen, war an Volumen und Masse bedeutend

gröſser, als die andern, zog daher diese andern an
nun sehn wir z. B. in der Entfernung des Mars,
vielleicht unzählige kleine Planeten nahe hinter ein
die Sonne kreisten, nur einen einzigen gröſsern Kö
aus der Vereinigung von allen jenen entstanden ist,
Centralkörper sich bewegen. Zwischen Mars und Ju
in dem groſsen Zwischenraume, der die Bahnen d
Planeten von einander trennt, scheint diese Vereini
Körper zu einem einzigen nicht vollständig vor sich
zu seyn, da hier die vier sogenannten neuen Planeten
eines einzigen vertreten.

Diese allmälige Ausbildung der Planeten aus d
läſst sich nun ebenfalls auf die Bildung der Satellite
Planeten fortführen. Die anfänglich dunstförmige M
Planeten bewegte sich jährlich um die Sonne und
seine eigene Axe. Aber auch hier, wie früher bei d
bildete sich gegen das Centrum des Planeten ein dicht
ein Mittelpunct der Anziehung; die anfangs sehr
heiſse Dunstsphäre der Planeten zog sich durch Abkü
gen ihren Mittelpunct zurück und setzte an ihren Grenze
ders an dem Aequator, dichtere ringförmige Zonen ab
mehrere Stücke zerrissen, welche letztere wieder in
sche Massen sich umformten, von denen die grö
übrigen an sich zogen und so den *Satelliten* dieser
ihre Entstehung gaben.

Man sieht, daſs bei einem solchen Ursprunge der
sowohl, als auch der Satelliten die oben erwähnten Ei
lichkeiten unseres Sonnensystems allerdings sehr wohl
klären sind. Die Planeten bewegen sich alle in der M
Sonnenäquators, weil sie aus einer Aequatorialzone d
entstanden sind; sie bewegen sich in nahe kreisförmi
nien (in wenig excentrischen Ellipsen), weil ihre frü
wegung zu der Zeit, wo sie noch integrirende Th
Sonnenatmosphäre ausmachten, ebenfalls kreisförmig w
bewegen sich alle gegen Ost, weil die ursprüngliche
gung der Sonne ebenfalls östlich war, und sie drehn
in derselben Richtung um ihre Axen, weil die ursp
nächsten Theile derselben an der Sonne eine klein
schwindigkeit haben muſsten. Dasselbe gilt ebenfalls
Satelliten in Beziehung auf ihre Hauptplaneten. We

Digitized by Google

Planetensystem auf eine völlig regelmäſsige Weise, ohne ...ungen, entstanden wäre, so würden alle Bahnen der ... und Satelliten genau kreisförmig seyn und die Ebe... dieser Bahnen würden völlig mit dem Aequator der Sonne ... der Hauptplaneten zusammenfallen. Allein man sieht ..., daſs die zahllosen Abweichungen, die in der Dichtigkeit ... der Temperatur der einzelnen Theile jener ursprünglich so ausgedehnten Sonnenatmosphäre herrschen muſsten, die ...gen und die Excentricitäten erzeugt haben können, die ... an diesen Bahnen beobachten.

Bei dieser Erklärung des Ursprungs unseres Planetensy... ist offenbar die *Kometen* nicht berücksichtigt worden. Man betrachtet sie als unserem Systeme nicht ausschlieſs... angehörende, sondern als allgemeine kosmische Körper, ... dem Himmelsraume von einem Systeme zu dem andern ...ende Nebel, die sich aus der durch den unendlichen ... so verschwenderisch ausgestreuten Nebelmasse durch ...ung bilden. Wenn diese Nebelwolken in die Wir...sphäre unserer Sonne eintreten, so werden sie von ihr ...gen, gleich den andern Körpern unsers Systems Linien ... Ordnung um sie zu beschreiben. Da aber die ... und die Richtung ihrer Geschwindigkeit, bei ihrem ... in die Attractionssphäre der Sonne, jede mögliche seyn ... so wird auch die Richtung ihrer Bewegung und die ... ihrer Bahn ganz willkürlich erscheinen, was mit den ...ungen vollkommen übereinstimmt. Auch die groſse ...tricität der Kometenbahnen läſst sich auf diesem Wege auf ... einfache Weise erklären. Wenn diese Bahnen el... sind, was sie aus bekannten mechanischen Grundsätzen ... meisten Fällen seyn müssen, so können sie nur sehr ...liche Ellipsen seyn, weil ihre groſsen Axen wenigstens ...messer der Attractionssphäre der Sonne gleich seyn ... an deren Endpuncte sie die der Sonne angehörende ...ung gleichsam beginnen. Wir aber können diese mei... kleinen und lichtschwachen Körper erst dann durch Fernröhre bemerken, wenn die Periheldistanz derselben ... ist. Die meisten der bisher berechneten Kometen... haben eine Periheldistanz, die kleiner ist, als der Halb... der Erdbahn, und keine hat eine doppelt so groſse. ... beträchtliche groſse Axe der Ellipse, verbunden mit

Digitized by Google

einer so geringen Periheldistanz, führt aber unmittelbar
groſse Excentricität der Ellipse.

Wenn solche Kometen zu jenen frühen Zeiten,
Atmosphäre der Sonne oder die der Planeten noch
Räume einnahmen, während ihrer Läufe durch die I
räume in diese Atmosphären geriethen, so muſsten si
sen Dunstkugeln Spiralen beschreiben und in diese
endlich in die Sonne oder auf den Planeten fallen, i
letzten Falle aber, durch ihren Zusammenstoſs mit de
ten, die Ebene der Bahn, so wie den Aequator des
mehr oder weniger von den Sonnenäquator entfernen,
eine Verrückung der Pole und der Klimate des Pla
zeugt wurde. Vielleicht ist dieses in der Vorzeit m
Erde mehr als einmal geschehn, wie mehrere Erschei
unsern jetzigen kalten Zonen, die sonst nur den wär
genden eigenthümlich sind, anzuzeigen scheinen.

Die Wahrscheinlichkeit dieser Erklärung wird n
mehrere andere Gründe erhöht. Daſs die Planeten
Monde anfangs in einem flüssigen Zustande waren,
nun dieser Zustand durch Wasser oder durch eine gr
hervorgebracht worden seyn, folgt schon aus der s
schen, an ihren Polen abgeplatteten Gestalt dieser Kör
die merkwürdige Gleichheit der Umlaufs- und Rotatio
Satelliten führt nothwendig auf einen solchen erster
oder vielmehr dunstförmigen Zustand dieser Körper.
man annimmt, daſs diese beiden Zeiten anfangs nur 1
sehr stark verschieden waren, so muſsten z. B. be
Monde, so lange er selbst nur eine groſse Dunstkuge
der Erde nächsten Theile auch am meisten von der
gezogen werden, oder der der Erde zugewendete H
des dunstförmigen Mondes muſste durch diese Anzie
Vergröſserung, eine gegen die Erde gerichtete Verläng
leiden. Dadurch wurde der Mond gezwungen, die
zugewendete Hälfte ihr auch im Allgemeinen immer
det zu erhalten, und in Folge der ursprünglichen Ve
heit jener zwei Bewegungen, anfangs wohl gröſsere,
der Folge immer kleinere Oscillationen um jenen gröſs
messer zu machen, bis endlich, in der Folge der Zei
Oscillationen gänzlich vernichtet worden sind, wo
der Mond immer genau dieselbe Seite zuzuwenden g

Digitized by Google

Man sieht übrigens leicht, daſs diese Gleichheit der Re-
[volut]ion und der Rotation bei den Satelliten der Bildung se-
[cundä]re Monde und secundärer Ringe, aus den Atmosphären
der Satelliten, entgegensteht, wie wir denn auch noch keine
[solch]e Erscheinungen an den Satelliten unseres Planetensystems
[dur]ch unsere Beobachtungen entdecken konnten.

L. Dauer des Weltalls.

In dem vorhergehenden Abschnitte haben wir mehrere Ei-
[genth]ümlichkeiten unseres Planetensystems kennen gelernt, aus welchen
[wir], nicht ohne groſse Wahrscheinlichkeit, auf den ursprüng-
[lichen Z]ustand und auf die Art der Entstehung desselben zu-
[sch]ließen konnten. Sollte es nicht auch noch andere Ei-
[genth]ümlichkeiten in der allgemeinen Anordnung dieses Sy-
[stems] geben, aus welchen wir auch vorwärts, auf die noch
[künftig]e Dauer und auf die endliche Auflösung desselben Schlüs-
[se] oder doch einigermaſsen gegründete Vermuthungen
[ziehen] könnten? Es müſste uns allen ohne Zweifel sehr
[interess]ant seyn, zu erfahren, was mit jenen groſsen Körpern
[des Him]mels zu einer Zeit geschehn soll, wo wir und alles,
[was] hier unten umgiebt, schon längst vom Schauplatze
[abgetre]ten sind.

Wenn wir sehn, daſs allen Dingen dieser Erde eine mei-
[st] nur sehr kurze Dauer ihres Daseyns angewiesen ist, nach
[welcher] sie verschwinden und, wenigstens in dieser Gestalt,
[nicht] mehr wiederkehren; wenn jeder kommende Winter die
[Zierde] unserer Gärten und Blumen zerstört; wenn zahlreiche
[Arten] und selbst ganze Geschlechter von Thieren bis auf
[die le]tzte Spur von dieser Erde verschwinden, wenn selbst
[ganze] Völkerschaften und weltbeherrschende Nationen vorüber-
[ziehen vo]r unsern Augen, wie Bilder eines Schattenspiels, und
[versink]en in die ewige Nacht; wenn Alles, was uns um-
[giebt, u]naufhaltsam fortgerissen wird in den Strom der Zeit,
[so wen]den wir uns schaudernd ab von diesen Bildern des To-
[des un]d kehren unsere Blicke aufwärts in jene höhern Regio-
[nen, u]m wenigstens dort Trost und Sicherheit für die Zukunft
[zu find]en. Wir finden uns beruhigt, zu glauben, daſs auch
[dann no]ch, wenn wir und unsere spätesten Nachkommen längst
[wieder i]n den Staub zurückgesunken sind, von dem sie ge-

nommen wurden, wenigstens diese Erde und jenes ausgespannte Gewölbe des Himmels noch bleiben stehn, daſs dieselbe Sonne und derselbe Mond, dess uns so oft im Leben erfreute, wenigstens nocl Gräber beleuchten werde. Oder soll diese alles zern unsichtbare Macht sich auch bis dorthin, bis in die senen Räume des Himmels erstrecken? Soll dieser M diese Sonne und jene Millionen von Sternen, soll gehn und zerfallen, und dermaleinst eine Zeit kom welcher von ihnen dort, wie von uns hier, keine S ist?

Kein Sterblicher kann sagen, ob die Erhaltung Planetensystems in der Absicht ihres unendlichen Urh legen hat. Newton spricht darüber, am Ende sein seine Ansicht aus. Nach ihm müssen die gegenseit rungen der Planeten und Kometen in der Folge der groſs werden, daſs sie eine Zerstörung des ganzen herbeiführen würden, wenn dasselbe nicht durch die Allmacht, die es erschaffen hat, wieder in Ordnung wird. Dieses scheint uns aber eine dem höchsten W unangemessene, unwürdige Vorstellung zu seyn. Wer Werk, um es zu erhalten, von Zeit zu Zeit ausbess so ist es ein unvollkommenes Werk, und ein solches wir annehmen, kann nicht von dem vollkommensten sen ausgehn. Wenn aber die endliche Auflösung jen melskörper, wie die der Thiere und Päanzen unse durch das Abnutzen ihrer Theile als Folge des Lebe ses in dem Zwecke des höchsten Wesens lag, w jene Ausbesserung, die doch dem gesetzten Zwecke n entgegenwirken soll?

Wie sich dieses übrigens auch verhalten mag, nicht annehmen dürfen, daſs die Planeten und Kon im absolut leeren Raume des Himmels bewegen, s eine immer weiter gehende Aenderung, ja selbst eine Zerstörung dieses Systems unvermeidlich zu seyn. nahme eines leeren Raumes aber kann auf keine Wei tet werden. Wenn es in dem Weltraume auch kei flüssige Materie gäbe, als die, welche zur Existenz d nothwendig ist (dieses Licht mag nun, nach der E theorie, selbst materiell seyn, oder, nach der Undulat

die Schwingungen eines überall verbreiteten Aethers be-
steht, so ist dieses allein schon hinlänglich, die Bewegungen
der Planeten, in einem solchen Medium, in der Folge der Zei-
ten, und damit die Anordnung des ganzen Systems selbst,
gänzlich zu ändern, ja die gegenwärtige Einrichtung desselben
ganz aufzuheben, da die endliche Folge eines solchen wider-
stehenden Mittels das Herabstürzen aller Planeten und Kometen
in die Sonne seyn muſs[1].

Es ist aber, wie man ohne besondere Erinnerung bemer-
ken wird, nicht die Rede von äuſseren, zufälligen Störungen
des Planetensystems, die sich nicht voraussehn und also auch
nicht berechnen lassen. Wenn plötzlich ein Komet aus den
unbekannten Räumen des Himmels zu uns herniedersteigen
und einen unserer Planeten zerstören oder auf seiner Bahn mit
sich fortreiſsen sollte, so würde ein solches Ereigniſs, so ge-
fährliche Folgen es auch haben mag, doch in keinem noth-
wendigen Zusammenhange mit einer endlichen Zerstörung des
ganzen Systems stehn, so wenig, als z. B. ein vom Blitze
erschlagener Mensch den Untergang der ganzen Gattung dieser
Geschöpfe mit Grunde besorgen lassen könnte. Hier werden,
der Natur der Sache nach, nur diejenigen Unfälle gemeint,
denen die ganze Maschine, ihrer eigenen Organisation wegen,
unterworfen seyn muſs, so wie z. B. die immerwährenden Rei-
bungen und Abnutzungen der menschlichen Maschine sind, aus
denen wir leider nur zu gewiſs auf einen endlichen Stillstand,
auf den unvermeidlichen Tod derselben schlieſsen. Jene Stö-
rungen der Planeten unter sich selbst aber, von denen Newton
so böse Folgen vorhersagen wollte, lassen keine solche
Wirkungen erwarten. Es ist nämlich bereits an einem andern
Orte gezeigt worden, daſs sie alle, auch die sogenannten secu-
lären Perturbationen nicht ausgenommen, nur *periodisch* sind,
d. h. in bestimmten Zeiträumen wiederkehren, und daſs sie
überdiess alle sehr klein sind, daher sie auf den eigentlichen
mittleren Zustand des Systems keinen Einfluſs haben, also auch
die Erhaltung desselben auf keine Weise gefährden können.

Es ist bekannt, wie sorgfältig die Natur auf die Erhaltung
der einzelnen Individuen ihrer Geschöpfe, und besonders auf

1 Art. *Widerstand*, zu Ende, die Gleichungen (S) und die
den Gleichungen beigefügten Bemerkungen.

Digitized by Google

die Fortdauer ganzer Geſchlechter derſelben bedacht i
Individuum gab ſie den Erhaltungstrieb, die Liebe
hänglichkeit am Leben, den mächtigſten aller Trieb
in ihre Geſchöpfe gelegt hat; die Dauer der Geſchle
ſicherte ſie vorzüglich durch einen an Verſchwendu
zenden Reichthum von den zur Fortpflanzung ders
ſtimmten Mitteln. Viele Pflanzen und Thiere enth
ſolche Profuſion von Samen, daſs, wenn auch nur
ſendſte Theil deſſelben zum Keimen gebracht wird,
dauer des Geſchlechtes ſchon vollkommen geſichert
demſelben Zwecke ſcheint ſie aber noch andere, hö
richtungen getroffen zu haben, welche die ganze E
gemeinſamen Wohnort jener Geſchöpfe, betreffen. D
änderlichkeit der beiden Pole auf der Oberfläche der
ebenſo die Stabilität des Weltmeeres, die beide z
tung aller organiſchen Weſen ſo nothwendig ſind,
von der Natur, jenem Zwecke gemäſs, eingeführt
ſeyn. Die Rechnung zeigt, daſs jene beiden ſo wich
richtungen nur als ein einfaches Reſultat der tägliche
der Erde, verbunden mit der allgemeinen Schwere,
Denn durch die Rotation würde die Erde an ih
abgeplattet, wodurch ihre Drehungsaxe eine der d
axen des terreſtriſchen Sphäroids, alſo eine in ihrer
ſtante Axe geworden iſt, und dieſer Einrichtung
wir bekanntlich die unveränderliche Gleichheit des
die regelmäſsige jährliche Wiederkehr der Jahreszeiten
mate. In Folge der allgemeinen Schwere müſsten
ſchwereren Theile der Erdmaſſe dem Mittelpuncte
nähern, und ſo kam es, daſs die *mittlere Dichte*
gröſser geworden iſt, als die Dichte der die Erdobe
deckenden Gewäſſer. Dieſer Umſtand allein ſchon
chend, das Gleichgewicht der Meere unſerer Erde für
ten zu erhalten und der Wuth ihrer Wogen einen
tigen Zügel anzulegen, damit ſie nicht mehr aus
ſtaden treten und die Inſeln und das Feſtland, die
unzähliger Thiere und Pflanzen, mit ihren Wellen
können.

Aehnliche Eigenſchaften laſſen ſich aber auch,
Erde, in jenen groſsen Räumen wieder finden, in we
die Planeten unſers Syſtems bewegen, ſo daſs es

Digitized by Google

keinem Zweifel unterliegt, daſs die Dauer, die lange und ... Dauer dieses Systems mit in den Zwecken seines ... gelegen seyn müsse.

Eine der wichtigsten und zugleich am meisten in die Au- fallenden Einrichtungen für diese Absicht besteht darin, ... die Massen der Centralkörper dieses Systems, gegen die ... die übrigen, so überwiegend groſs sind. Die Masse ... Sonne ist über tausendmal gröſser, als die Masse Jupiters, ... selbst wieder die gröſste Masse unter allen Planeten hat. ... Masse der Erde übertrifft siebenzigmal die Masse ihres ..., des Mondes. Noch viel gröſser aber ist der Ab- ... der Massen der Jupiterssatelliten gegen die ihres Haupt- ... Der dritte oder gröſste von diesen Satelliten hat eine ..., die noch nicht den zehntausendsten Theil der Masse ... beträgt. Diese Ueberlegenheit der Centralkörper, diese ... monarchische Einrichtung jenes Systems, nach welcher ... Herrscher alle seine Unterthanen an innerer Kraft (denn ... hier die Masse) so weit übertrifft, diese Einrichtung ... allein schon das System vor allen Unfällen, die von ... Störungen und selbst von äuſseren Einwirkungen ... Körper in demselben hervorgebracht werden könnten. ... die Wirkung Jupiters auf seine Monde, durch eine ... seiner Masse, sehr verkleinert oder ganz aufge- ... würde, so würden diese Monde, die wir bisher mit ei- ... bewundernswürdigen Ordnung um ihn sich bewegen ... sich sofort in dem Weltraume nach verschiedenen Seiten .... Die einen würden sehr excentrische Ellipsen, gleich ... Kometen um die Sonne, beschreiben, und die andern ... sich, in hyperbolischen Bahnen, von der Sonne und ... ganzen Planetensysteme ohne Ende entfernen.

... damit begnügte sich, wie es scheint, der Urheber ... noch nicht, um seinem groſsen Werke die nöthige ... zu geben. Wir haben oben gesehn, daſs die Bewegun- ... Planeten (und dasselbe gilt auch von den Satelliten) ... Richtung, von West nach Ost, statt haben, und ... in Bahnen einhergehn, die sämmtlich nur sehr wenig ... ische Ellipsen sind, und deren Ebenen endlich nahe alle ... fallen. Aus diesen drei Eigenthümlichkeiten unseres ... systems, die uns oben auf die näheren Umstände der ... desselben geführt haben, gehen zugleich wun-

Digitized by Google

derbarer Weise die Mittel für die *Erhaltung* desselbe
Höhere mechanische Betrachtungen haben die Geomete
nige sogenannte Bedingungsgleichungen geführt, die
den Elementen der Planeten statt haben. Wir woll
ben hier kurz anführen. Nennen wir a die halbe g
der Bahn, nnd m die Masse eines Planeten, jene i
des Erdbahnhalbmessers, und diese in Theilen der
masse ausgedrückt, sey ferner e das Verhältniſs der
cität einer Bahn gegen die groſse Halbaxe derselbe
Neigung dieser Bahn und k die Länge des aufsteigen
tens derselben in Beziehung auf die Ekliptik; für ei
ten und dritten Planeten wollen wir dieselben Grö
e, n und k durch einen, durch zwei Striche u. s. w.
nen, und der Kürze wegen das Product $m\sqrt{a} = b$,
$m'\sqrt{a'} = b'$, $m''\sqrt{a''} = b''$ u. s. w. setzen. Die
nommen, haben wir für die erwähnten Bedingungsgl
folgende Ausdrücke:

$$b.e^2 + b'.e'^2 + b''.e''^2 + \ldots\ldots\ldots\ldots = C$$
$$b.\mathrm{Tang.}^2 n + b'.\mathrm{Tang.}^2 n' + b''.\mathrm{Tang.}^2 n'' + \ldots = C$$
$$b.\mathrm{Tang.}\, n \,\mathrm{Sin.}\, k + b'.\mathrm{Tang.}\, n' \,\mathrm{Sin.}\, k' + b''.\mathrm{Tang.}\, n'' \,\mathrm{Sin.}\, k'' + \ldots\ldots = C$$
$$b.\mathrm{Tang.}\, n \,\mathrm{Cos.}\, k + b'.\mathrm{Tang.}\, n' \,\mathrm{Cos.}\, k' + b''.\mathrm{Tang.}\, n'' \,\mathrm{Cos.}\, k'' + \ldots\ldots = C$$

Diese Gleichungen zeigen also vorerst, daſs die S
Producte, aus welchen die einzelnen Glieder dieser
gen bestehn, nämlich der Producte von b in die Qu
e, oder in die Quadrate von Tang. n u. s. w. für
ten zusammengenommen, gleich einer gewissen
Gröſse ist. Allein unser Planetensystem ist zwe
Zweifel nicht bloſs zufälliger Weise so beschaffen,
diese vier Constanten, wenigstens so wie die Sachen
durchaus gegen die Einheit nur sehr *kleine* Gröſsen s
bei jeder einzelnen Planetenbahn sind die Massen m
gegen die Sonnenmasse ganz ungemein klein, so daſs
deswegen auch jene Producte nur sehr klein seyn,
selbst wenn ihre übrigen Factoren bedeutend gröſse
gegen die Einheit, seyn sollten; dieses ist aber so
Fall, daſs vielmehr diese andern Factoren gewöhnlich
sehr kleine Brüche bezeichnen. So ist z. B. die Exc

der Planetenbahnen nur klein, und daher ihr Quadrat noch kleiner. Dasselbe gilt auch von den Neigungen n der Planetenbahnen gegen die Ekliptik, also auch von ihren Tangenten. Drittens ist aus der Theorie der Perturbationen bekannt, daſs die Excentricitäten, die Neigungen und die Knotenlängen der Planeten zwar allesammt veränderlich sind, daſs diese Veränderungen keineswegs progressiv ohne Ende fortgehen, sondern daſs sie vielmehr, gleich den Bewegungen eines Pendels, in bestimmte, meistens sehr enge Grenzen eingeschlossen sind, zwischen welchen sie in dem Laufe der Zeiten ihre auf- und niedergehenden Schwingungen machen, ohne jene Grenzen je zu überschreiten, d. h. also mit andern Worten: jene Größen, die jetzt nur klein sind, sind auch immer nur klein gewesen und werden es auch in der Folge bleiben.

Wenn daher viertens alle diese Producte zugleich durchaus positive Gröſsen bezeichnen, so folgt aus dem Vorhergehenden sofort, daſs auch die vier oben erwähnten Constanten zu allen Zeiten nur kleine Gröſsen gegen die Einheit seyn können, weil alle einzelne Glieder, aus welchen sie bestehn, nur ebenfalls sehr kleine Gröſsen sind. Dieser Schluſs würde aber nicht mehr gelten, wenn einige dieser Glieder auch negative Werthe haben können, weil dann die Kleinheit der einzelnen Glieder jener Gleichungen offenbar nicht mehr nothwendig wäre, um dadurch auch schon ihre Summe (d. h. die Constanten jener Gleichungen) zu solchen kleinen Gröſsen zu machen. Allein die schon öfter erwähnte Eigenthümlichkeit unseres Systems, nach welchem nämlich alle Planeten desselben sich nach einer *gemeinschaftlichen* Richtung von West nach Ost bewegen, führt, durch den Gang der mathematischen Analyse dieses Problems, auf die Vorschrift, daſs von den doppelten Zeichen der Quadratwurzeln $\sqrt{a}$, $\sqrt{a'}$, $\sqrt{a''}$..., die in jedem Gliede jener Gleichungen enthalten sind, *nur die positiven* genommen werden sollen.

Da also die vier Constanten der vorhergehenden Gleichungen gegen die Einheit nur kleine Gröſsen sind, und, eben weil sie Constanten sind, auch solche kleine Gröſsen bleiben, so müssen auch alle ihre Glieder auf der linken Seite des Gleichheitszeichens, obschon sie an sich veränderlich sind, doch immer nur kleine Gröſsen seyn und bleiben, oder mit andern Worten, wie aus den beiden ersten jener Gleichungen

unmittelbar folgt, die Excentricitäten und die Neigun
Planetenbahnen können sich nie sehr weit von denjenige
then, die sie gegenwärtig haben, entfernen, oder endli
ganze Planetensystem ist, durch seine ihm eigenthümlicl
richtung, gezwungen, sich immer um einen gewissen
Zustand desselben zu bewegen, und *in ihm selbst* liegt
was auf eine gröſsere Störung seines Gleichgewichtes,
eine endliche Zerstörung oder Auflösung desselben führen

Wir haben bisher unter den Störungen der Elem
Planetenbahnen vorzüglich die Excentricität, die Neig
die Knoten derselben betrachtet. Allein es giebt no
andere, die eine eigene, nähere Untersuchung verdienen

Die erste ist der *Ort des Perihels* oder die Lage
ſsen Axe im Weltraum. Diese Lage der *Apsiden*[1] mac
allen übrigen Elementen der Planetenbahnen eine merl
Ausnahme. Sie ist nämlich das einzige Element, wel
der Zeit immer progressiv fortgeht, oder mit anden
ten, die Länge des Perihels durchläuft allmälig alle 3
der Peripherie, während alle übrigen Elemente, die Exce
die Neigung, die Knotenlänge u. s. w. nur zwischen
stimmten, meistens sehr engen, Grenzen periodisch
nieder gehen. Wegen der Aenderung dieser übrigen
ist zwar die Bewegung der Apsiden bald etwas langsa
wieder geschwinder, aber dessen ungeachtet gehen sie
Planeten, in Beziehung auf die Nachtgleichen, immer
so daſs sie sich von diesen Nachtgleichen auf dersel
mit der Zeit immer mehr und mehr entfernen. Allein
cher Weise hat eben *nur* bei diesem Elemente ein im
render Fortgang nach derselben Richtung auf den Zus
die Dauer des Systems keinen wesentlichen Einfluſs,
fenbar ganz gleichgültig ist, nach welchen Fixsternen
sidenlinie gerichtet seyn mag, um so mehr, da die
bahnen alle ohnehin nur sehr wenig von der Kreisges
schieden, und da sie unter einander durch so groſse
getrennt sind, so daſs die gegenseitige Lage der Plane
einander durch eine veränderte Lage der Apsiden nur
lich geändert werden kann. Ganz anders verhält es
den drei andern Elementen. Denn wenn z. B. die

1 S. Art. *Apsiden*. Bd. I. S. 347.

Digitized by Google

e Planetenbahnen, oder wenn die Ebenen dieser Bahnen zusammenfallen könnten, so würden sich diese Planeten, ihre Excentricitäten stark geändert werden, nahe kommen, er gewaltsam stören, und dadurch die Existenz des Systems gefährden können. Oder wenn auch nur die Excentricitäten immer gröſser würde, so würden die Bahnen sehr die Ellipsen werden und die Planeten endlich zu nahe bei ... vorübergehn. Selbst die Oberfläche der Planeten, ... ihr alle Geschöpfe auf derselben, würden den nach-... Einfluſs einer solchen immerwährenden Aenderung der ...cität zu beklagen haben. Es läſst sich nämlich durch ...ng zeigen, daſs der mittlere jährliche Betrag von Licht ...ärme, den die Sonne der Oberfläche jedes Planeten ..., der kleinen Axe der elliptischen Bahn dieses Planeten ...al, also von der Gröſse der Excentricität abhängig ist, ... also, durch eine solche Aenderung der Excentricität, ... auch die mittlere Temperatur der Oberfläche des Pla-...nd die Beschaffenheit seiner Jahreszeiten eine völlige ...ng erleiden würde.

...z anders aber verhält es sich mit dem letzten der hier ...chtenden Elemente, mit der *groſsen Axe* der Planeten-...bahn. Es ist nicht schwer, sich zu überzeugen, daſs jede ...och so geringe Aenderung in dem absoluten Werthe ...ie nicht mehr, wie bei den übrigen Störungen, in ei-...fachen periodischen Ab- und Zunehmen bestehen könnte, ... daſs sie sich nothwendig mit der Zeit immer mehr an-...häufte. Wir haben oben gesehen, daſs es von der Ge-...digkeit, die ein Planet in den beiden Puncten seiner ... hat, abhängt, ob die Bahn desselben eine Ellipse, eine ... oder eine Hyperbel seyn soll. Ist nämlich (wie oben ... D) $\mu = 0{,}01720$ die Charakteristik des ganzen Planeten-..., a die halbe groſse Axe der Bahn und r die Entfernung ...neten in seiner Bahn von dem Mittelpuncte der Sonne, ... man für die Geschwindigkeit v des Planeten in jedem ... seiner Bahn den Ausdruck

$$v = \mu \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}}.$$

...ür das Perihel ist $r = a\,(1 - e)$, also auch die Geschwin-... V im Perihel

$$V = \frac{\mu}{\sqrt{a}} \cdot \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}.$$

Für die Erde hat man a = 1 und e = 0,01678, auch die Geschwindigkeit der Erde in ihrem Perihel einer Zeitsecunde

$$V = 0{,}017493,$$

oder endlich

$$V = 4{,}17 \text{ geogr. Meilen,}$$

deren 15 auf einen Grad des Aequators der Erde gehn also ist die Geschwindigkeit der Erde in ihrem Perih rend einer Secunde 4,17 Meilen, und eben darum besch auch die Ellipse um die Sonne, in welcher sie sich ge tig in der That bewegt. Eine obgleich andere, mehr sche Ellipse würde sie auch noch beschreiben, wenn schwindigkeit im Perihel etwas gröſser wäre, als 4,1 sie selbst noch 5,84 Meilen in einer Secunde betrüge. diese Geschwindigkeit aber noch weiter wächst, so sie keine Ellipse mehr. Beträgt nämlich die Geschw 5,85 Meilen in einer Secunde, d. h. nimmt die hal der Erdbahn so weit ab, daſs der Werth von V in de Gleichung

$$V = \mu \cdot \sqrt{\frac{1+e}{a(1-e)}},$$

gleich 5,85 wird, so geht, für diesen speciellen Wert die Erdbahn plötzlich in eine *Parabel* über, und Gröſse V noch weiter bis ins Unendliche wächst, so Erdbahn sogar in eine *Hyperbel* über, und in allen die ten Fällen entfernt sie sich auf ihrer nicht mehr gesc Bahn immer weiter von der Sonne, bis sie endlich in tractionsgebiet anderer Sonnen gelangt und unserm Sy alle Folgezeiten ganz fremd bleibt.

Aehnliche Betrachtungen gelten auch für alle übri neten. Die geringste Aenderung der groſsen Axen ihre würden diese Planeten entweder in hyperbolischen Cur auſser dem Bereiche unserer Sonne bringen, oder auch, gegengesetzten Falle, diese Planeten in die Sonne Beide Ereignisse könnten aber für die gegenwärtige Ei und für die weitere Dauer des Systems nur von sehr lichen Folgen seyn.

…ch eine wunderbare Einrichtung ist aber eben dieses …, die *groſse Axe* a der Bahn, zugleich das einzige, … durchaus keine Veränderung erleidet und immer den… Werth behält, was dann natürlich auch von der sideri… Umlaufszeit T gilt, die nach Kepler's drittem Gesetze … Gleichung

$$\mu = \frac{2\pi \cdot a^{\frac{3}{2}}}{T}$$

… dieser groſsen Axe abhängig ist.

… äuſserst merkwürdige Beständigkeit der groſsen Axe …enbahnen ist ein reines Resultat der höheren mathe… …echanischen Rechnungen, und dasselbe wird durch …htungen auf das Vollkommenste bestätigt. Es ist in … vorhergehenden Artikel gezeigt worden, daſs die …iten der Planeten durch Vergleichung der ältesten …ngen mit denen der neuern Astronomen auf das … bestimmt werden können, und nach diesen Bestimmun… … jene Umlaufszeiten, also auch jene groſsen Axen der … durchaus constant gefunden worden. Es ist aber dieses, … nicht, eine der schönsten und wichtigsten Entdeckun… … die Sternkunde den neuern Fortschritten der ma… … Analysis verdankt, und die uns zugleich lehrt, … den trockenen Zahlen, mit welchen sich die höhere … beschäftigt, oft die gröſsten Geheimnisse der Natur … liegen. Diese Analysis giebt nämlich für den allge… Ausdruck der Störungen der groſsen Axe einer jeden …bahn eine Reihe von vielen Gliedern, deren jedes die … enthält, welche jeder einzelne der andern Planeten … einen gestörten ausübt. Wenn man aber in diesen … für die allgemeinen Zeichen diejenigen Zahlen sub… … jeder dieser störenden Planetenbahnen eigenthümlich …, so sieht man mit Verwunderung, daſs *alle* Glieder … sich gegenseitig aufheben, d. h. daſs die groſse … jeden Planetenbahn durch die Einwirkung aller übri… … Störung erleidet.

… welche Mittel aber hat die Natur diesen für die Er… ihres groſsen Werkes so wichtigen Zweck erreicht? … Einrichtung, die auf den ersten Blick eben so ge… … als zufällig erscheint. Die Umlaufszeiten, also auch

die groſsen Axen, sind nämlich von der Natur so ei
worden, *daſs sich je zwei derselben durch ganze Zah
genau ausdrücken lassen*, oder, wie man kürzer zu sag
daſs die Verhältnisse der Umlaufszeiten der Planeten u
ander *irrational* sind. Diese wenigen Worte enth
ganze Geheimniſs, durch welches die Natur ihrem W
Siegel der immerwährenden Dauer aufgedrückt hat; du
einfache Einrichtung, daſs sie hier, wie beinahe in al
Operationen, die Irrationalzahlen, die sie besonders
scheint, gewählt hat, durch diese, wie es uns scheint,
fügige Einrichtung hat sie ihren groſsen Zweck, die
des Ganzen, erreicht. An einem so feinen Faden h
die Dauer unseres ganzen Planetensystems, und so we
es der Natur zu kosten, ihr groſses Gebäude vor jede
zu bewahren. Die Umlaufszeit Jupiters beträgt n
und die des Saturn 10759 Tage. Diese beiden Zahle
ten sich nahe wie die zwei ganzen Zahlen 2 und 5.
sich aber jene Umlaufszeiten *genau* wie 2 zu 5 verh
würde, wie die Perturbationsrechnungen zeigen, aus d
seitigen Einwirkung dieser zwei gröſsten Planeten un
stems eine immer fortgehende Aenderung der groſsen A
Bahnen folgen, und diese beiden Planeten würden n
sich selbst, sondern am Ende auch alle übrigen Plane
stören. In der That hat schon der Umstand, daſs die
Umlaufszeiten sich nur nahe wie 2 zu 5 verhalten, s
Störungen dieser zwei Planeten unter einander zur F
rungen, die nahe ein ganzes Jahrtausend umfassen, i
welchen *jetzt* Jupiter sich immer mehr von der Sonne
während Saturn sich ihr nähert.

Diese Einrichtungen also, daſs die Centralkörper
Systems so überwiegende Massen haben, daſs die Bew
aller Planeten um die Sonne, und ebenso aller Satell
ihre Hauptplaneten, nach *derselben* Richtung vor sich g
die Bahnen aller dieser Körper nahe kreisförmig sind
auch immer bleiben müssen, und daſs endlich die Umla
derselben unter sich incommensurabel sind, diese bewun
würdigen Einrichtungen unseres Sonnensystems zeigen u
die Elemente desselben durch eine höhere Weisheit z
Zwecke angeordnet worden sind, der auf eine groſse S
des Systems und auf eine sehr lange Dauer desselben s

Digitized by Google

..., und daſs wenigstens in ihm selbst nichts gefunden wer-
... kann, woraus man die Ursache seiner künftigen Auflösung
... könnte.

... Nach allen diesen Betrachtungen scheint es daher, daſs der
... weise Urheber der Natur alles so eingerichtet habe, um
... Dauer seines groſsen Werkes zu sichern, und daſs er in
... Absicht zu dem ganzen Sonnensystem von denselben An-
... ausgegangen ist, welche er auf unserer Erde, auf eine
... minder wundervolle Weise, für die Erhaltung der Indi-
... sowohl als auch für die von ganzen Geschlechtern sei-
... Geschöpfe beobachtet hat.

... Wenn aber auch die Dauer von vielen Millionen Jahren
... und vollkommen gesichert wäre, eine noch so lange
... ist noch immer keine *ewige Dauer*, und *diese* ist durch
... verbürgt, wenigstens steht sie auſser dem Bereich aller
... lichen Erkenntniſs. Eine endliche Zerstörung oder doch
... gänzliche Umwandlung des Sonnensystems kann ebenso,
... immerwährende Erhaltung desselben, in dem uns un-
... Rathschlusse Desjenigen liegen, vor dem Tausende
... hunderten nur ein Augenblick sind. Auf unserer Erde
..., die uns noch am wenigsten unbekannt ist, finden
..., was uns zu der Erwartung einer ewigen Dauer be-
... könnte. So viele Geschlechter von Thieren und Pflan-
... finden wir in zahlreichen Lagern von Versteinerungen
... und die nun gänzlich von der Erde verschwunden
... so viele Denkmäler von weitverbreiteten Verwüstun-
... welche diese Erde in der Vorzeit erlitten hat, zeigen sie
... eine Neigung der Natur, alles zu verändern, selbst
..., dem sie, wie es uns scheint, das Siegel der längsten
... aufgedrückt hat? Daſs die Sonne mit allen ihren Pla-
... und Kometen uns gröſser und wichtiger scheint, als die
... wird den Urheber der Natur, der nach andern Maſsen
... nicht bestimmen, bei jenen Körpern eine Ausnahme von
... meinen Gesetzen zu machen. Sie sind nur so groſs,
... selbst so klein sind, und das ganze Planetensystem ist
... Vergleich mit der übrigen Welt, nur ein unmerkbarer
... Wir haben oben mehrere Sterne kennen gelernt, deren
... Helligkeit sich periodisch ändert; andere sind sogar
... verschwunden, nachdem sie zuvor durch eine längere
... hellen Flammen aufzulodern schienen. Welche auſser-

Digitized by Google

ordentlich gewaltsamen Veränderungen müssen auf dieser
Körpern vorgegangen seyn, um uns in diesen Entf
noch ein solches Schauspiel zu gewähren? Also a
oben, in den hohen Räumen den Himmels, sehn wir
tur zwar für die Erhaltung aller geschaffenen Wesen
und Sorge tragen, aber auch zugleich sehn wir diesell
sen, wenn ihre Bestimmung erreicht ist, abtreten v
Schauplatze, um die von ihnen eingenommenen Stel
Nachfolgern zu überlassen. Dieselben Wechsel und
immer wiederkehrenden Bilder der Geburt und des T
uns hier unten auf der Erde umgeben, treten überall
ungemessenen Regionen des Weltalls wieder auf. W
in dem unermeſslichen Gebiete der Schöpfung Wachst
Zunahme bemerkt wird, da sieht man auch Abnahme
wo immer im Wechsel der Dinge Fortgang ist, da
Untergang, und was einen Anfang genommen hat, r
den ewigen Gesetzen der Natur, in der Folge der Zei
sein Ende finden. Alles, was Körper und sonach ste
eilt, wenn es seine Zeit gedauert und seine Bestimmu
hat, der Auflösung entgegen, von der es durch keine
rückgehalten werden kann. Sowie auf den Gipfeln
Berge und in den Abgründen der Erde die Verste
und Ueberreste der Thiere und Pflanzen einer längst v
denen Vorwelt zerstreut liegen, so werden auch einst
schen Trümmer jenes groſsen himmlischen Baues üb
dem Weltraume zerstreut werden. Diese Sonne wird
und die zahllosen Sterne des Himmels werden verg
an ihrer Stelle werden sich andere erheben, die au
wenn sie ausgeblüht haben, abfallen werden, wie wel
mit denen die Winde spielen, und dieselbe Welle,
lange getragen und endlich auch herunter gezogen h
Tiefe des Weltenmeeres, dieselbe Welle wird aus dem
der ewigen Nacht andere Sonnen und Sterne herauffü
mer neue Schöpfungen, im ewigen Wechsel, von imm
Untergange gefolgt. *Einer* nur, den kein Name ne
hoch und unverändert über diesem Ocean der Welten
den Füſsen seines Thrones wogt, Er allein kennt kein
sel, keine Gröſse auſser sich, und Er, vor dem der
ganzen Welt gleich dem der Milbe ist, wird, von allen
war und werden wird, allein unwandelbar und ewig bleib

Digitized by Google

Weltgegenden.

Plagae mundi; Points cardinaux, Plages; *Car- Points.* Man theilt den Horizont, nach der alten Art ...r, in 32 gleiche Theile, die man auch die 32 Winde ... Die Figur zeigt die Namen dieser 32 Puncte des Ho- Fig. 164. ... die offenbar von deutschen oder holländischen Schiffern ... Sie ist, wie man sieht, nicht eben die bequemste, ... wählen konnte. Die Astronomen theilen den Hori- ... jeden andern Kreis, in 360 Grade, indem sie von ... West hin in derselben Richtung bis wieder nach ...ählen und die so beschriebenen Bogen des Horizonts ... nennen, was offenbar viel einfacher und bequemer ... ist. Für die Schifffahrt möchte es am angemessensten ... Horizont in 24 gleiche Theile oder *Stunden* zu thei- ... dieses z. B. die Astronomen mit dem Aequator zu ...en. Dann würde z. B.

S W	durch	3^h
W	—	6
N W	—	9
N	—	12
N O	—	15
O	—	18
S O	—	21

... werden; weiter wäre

S g W	= 0^h	45′
S S W	= 1	30
S W g S	= 2	15
S W	= 3	0
S W g W	= 3	45 u. s. f.

...solche 24 gleiche Theile sollen die Römer[1] den Horizont ... haben, um die Richtung der Winde danach zu be- ..., welchen letzteren sie aber auch mehrere eigene Namen ... haben.

... ein so eingetheilter Kreis, den man auch die *Windrose* ... pflegt, sich auf die Lage des Meridians an jedem ... der Erde bezieht, so hat es wohl in früheren Zeiten Ge-

1 S. Riccioli Almag. novum. T. II. p. 17.

lehrte gegeben, wie Wallis, Picard u. a., welche tung des Meridians einzelner Orte der Erde, also Windrose für diese Orte, für veränderlich gehalt Allein alle neueren theoretischen und praktischen Unt gen stimmen damit überein, daſs für jeden Ort der der Erde die Richtung des Meridians, sowie die Pol selben, ebenso unveränderlich ist, als es die Rotation um ihre Axe (oder der Sterntag) und die jährliche der Erde um die Sonne in Beziehung auf die Fixste das siderische Jahr) nur immer seyn können.

Weltpole.

Himmelspole oder Pole des Aeq *Poli mundi, Poli coelestes;* Poles du m de l'équateur; *Poles.* So nennt man die beid des Himmels, die von allen Puncten des Aequators g oder um 90 Grade abstehn, und die daher, bei der Umdrehung des Himmels, von allen Puncten dessel nicht bewegt werden. Diese Pole sind auch als die der zu beiden Seiten verlängerten Rotationsaxe der betrachten. Wer auſser dem Aequator der Erde woh daher nur einen dieser beiden Pole am gestirnten Him da ihm der andere unsichtbar oder unter seinem Hor Die Bewohner des Aequators aber sehn die beiden ihrem Horizonte liegen. Der uns, den Bewohnern lichen Hemisphäre, sichtbare Pol heiſst auch der *nörd* (*Polus septentrionalis vel arcticus*, von ἄρκτος, Bär dem Sternbilde des Bären sehr nahe steht); der and der *südliche Pol* (*Polus australis vel antarcticus*). Kreise durch die Weltpole stehn auf dem Aequat recht, und heiſsen Abweichungs- oder Declinations- Stundenkreise [1].

De die tägliche Rotationsaxe der Erde, als Drehungsaxe, immer durch dieselben Puncte des Erd geht, so sind die beiden Pole des Aequators auf der

1 S. Art. *Stundenkreise.* Bd. VIII. S. 1221.

Digitized by Google

unveränderlich, wie man auch schon daraus sieht, *Polhöhen* (geographischen Breiten) der Beobachtungsorte den genauesten Beobachtungen gemäſs, immer dieselben Allein die Pole des Aequators, auf der Oberfläche des sind *veränderlich*, indem sie mit der Zeit von einem zum andern fortschreiten, und zwar in Folge der und der Nutation [1]. Denkt man sich die Erde als einem Stabe (der Erdaxe) durchbohrte Kugel, um sich die Erde täglich einmal herum dreht, so geht die- immer durch dieselben zwei Puncte der Oberfläche je- aber die Verlängerung dieses Stabes, zu beiden Sei- Erdpole, geht nicht immer durch dieselben Fixsterne h. Dieser Stab, um den sich die Erde dreht, steht nicht fest im Weltraume, so wenig als der irdische der Erde, sondern beide haben, sammt der ganzen eigene Bewegung (in welcher eben die Präcession ation besteht), vermöge welcher Bewegung die Pole Aequator am Himmel immer durch andere Sterne gehn, die Pole und der Aequator der Erde selbst stets an Puncte der Oberfläche der Erde gebunden sind. Jetzt z. B. der Nordpol des Himmels nahe 1° 35′ von dem des kleinen Bären entfernt, daher dieser Stern (da kein jetzt dem Pole so nahe ist) *Polarstern* genannt wird. im J. 2700 vor Chr. G. war der Nordpol dem Stern *α* am nächsten, daher dieser letzte zu jener Zeit auf die des Polarsterns Anspruch machte, und im J. 4100 Chr. G. wird *γ* Cephei diesen Namen tragen, der später *α* Cephei, auf *α* Cygni, und endlich, 14000 Jahre Chr. G., sogar auf *α* Lyrae übergehn wird, welcher letztere noch volle 51 Grade von dem gegenwärtigen Orte pols am Himmel entfernt ist. *L.*

1 Art. *Vorrücken der Nachtgleichen.* Bd. IX. S. 2129.

Weltsystem.

Weltsystem, Weltordnung, S
oder Planetensystem; *Systema mundi*
micum, Systema solare v. planetarium;
du monde, Système solaire ou planétaire
System.

Unter diesen Worten versteht man die Anordn
nigen Himmelskörper, welche sich um die Sonne bew
der Planeten, Satelliten und Kometen. Das Wort
nämlich beinahe in allen Sprachen in einer dreifach
tung gebraucht. In der ersten und allgemeinsten
das Universum oder alle Körper des Himmels und
In der zweiten, und dieses ist die hier gebrauchte,
sich bloſs auf diejenigen Himmelskörper, die sich um
bewegen. In der dritten endlich ist dieses Wort gl
tend mit *Erde* oder mit dem von uns bewohnten
daher, im letztern Sinne, die Worte Welttheile, Wel
u. s. w. zu den gebräuchlichen gehören.

Man hat über diese Anordnung der Körper unser
systems in verschiedenen Zeiten verschiedene Sys
Hypothesen aufgestellt, von welchen wir die vorzüglic
näher anführen wollen. Die ältesten derselben, di
den Aegyptiern und Griechen erhalten haben, bezieh
auf die gegenseitigen Entfernungen oder Stellungen
ten gegen die Sonne, und dieses gilt selbst noch
durch Copernicus aufgestellten Systeme. In al
Hypothesen werden die Bahnen der Planeten als k
angenommen, und es fragt sich nur, wo man für je
Kreise seinen Mittelpunct und wie groſs man seinen
ser annehmen soll. Erst Kepler zeigte uns, daſs di
hypothese falsch sey, und daſs sich jene Himmelsk
in Kreisen, sondern in Ellipsen oder eigentlich in
zweiten Ordnung bewegen, deren einen Brennpunct
einnimmt. Derselbe Kepler lehrte uns zugleich, nac
Regeln die Bewegung eines jeden dieser Körper in se
tischen Bahn vor sich geht, so wie auch, durch wel
diese Bahnen alle unter sich zusammenhängen. Dadu

Digitized by Google

ſcheinungen, welche uns die Bewegungen dieſer Planeten der Wahrheit, d. h. den Beobachtungen gemäſs dar- und es war nur noch die *Urſache* dieſer Erſcheinun- der eigentliche *Grund* jener von Kepler aufgeſtellten zu finden übrig. Und dieſen Grund entdeckte Newton, den Satz aufſtellte, und zugleich durch Rechnung daſs alle dieſe Erſcheinungen, ſo mannigfaltig und ſie auch ſeyn mögen, die bloſse Folge eines einzigen einfachen Geſetzes, der *allgemeinen Gravitation*, ſind. wurde den Bemühungen des menſchlichen Geiſtes, des ihn zunächſt umgebenden Himmels zu er- die Krone aufgeſetzt, und fortan handelt es ſich nicht weitere Veränderungen oder Verbeſſerungen dieſes Copernicus, Kepler und Newton aufgeſtellten Welt- das man nur zu kennen braucht, um es auch ſofort einzig wahre zu erkennen, ſondern nur um die weitere der einzelnen Theile des groſsen und für alle Zu- unabänderlich feſtgeſtellten Ganzen durch feinere Be- ſowohl, als auch durch eine tiefer dringende ma- Analyſe, die, eine Folge der Zeit und der allmäli- bildung, dem unſterblichen Entdecker jenes nun nicht verlaſſenden Weges noch nicht gegönnt ſeyn konnte. wir aber diejenige Hypotheſe, durch welche die Alten Erſcheinungen des Sonnenſyſtems darſtellen wollten, näher müſſen wir dieſe Erſcheinungen ſelbſt in Kürze er- Schon eine geringe Aufmerkſamkeit auf die Be- der Planeten muſste dieſelben ſo unordentlich und verwickelt zeigen, daſs man ſie unmöglich für die wahren derſelben, ſondern daſs man ſie bloſs für ſchein- gleichſam für eine optiſche Täuſchung halten muſste. Es darauf an, eine Hypotheſe aufzufinden, durch welche ſcheinbaren Erſcheinungen auf irgend eine einfache, dem genügende Weiſe erklärt werden konnten.

ganze Himmel ſcheint ſich mit allen ſeinen Geſtir- einmal von Oſt gen Weſt um uns zu drehen. dieſer allen Himmelskörpern gemeinſchaftlichen Be- aber bemerkte man mehrere derſelben, die eine eigene und zwar meiſtens in entgegengeſetzter Richtung, gen Oſt, zeigten. Die Sonne z. B. bewegte ſich einen Grad öſtlich von den Fixſternen, der Mond

sogar dreizehn Grade in derselben Richtung. Dazu
diese beiden auffallendsten Gestirne des Himmels bald
wieder unter denjenigen Fixsternen, welche den hi
Aequator bilden. Die abwechselnden Lichtgestalten
des, die öfter eintretende Verdunkelung desselben zu
nes vollen Lichtes, ähnliche Verfinsterungen der Sonn
des Neumonds, selbst die auffallenden Veränderunge
geslängen und der Jahreszeiten und so viele andere,
gelmäſsig wiederkommende Erscheinungen hingen o
jenen Bewegungen der beiden genannten Gestirne
nur hielt es schwer, diesen Zusammenhang anfzufind
weit schwerer aber schien die Erklärung derjenigen
zu seyn, welche man an mehrern andern, ebenfalls
den fixen Sternen des Himmels sich bewegenden S
den Planeten, beobachtet. Drei derselben, Mars,
Saturn, die man schon bei dem ersten Anblick du
genthümliches Licht von den übrigen Fixsternen un
konnte, gingen sämmtlich ostwärts, so lange sie au
Seite des Himmels, wie die Sonne waren, und zwa
schwinder, je näher sie der Sonne selbst waren. Je
aber sich von ihr entfernten, desto langsamer v
östliche Bewegung, und endlich schienen sie sogar e
völlig unter den Fixsternen still zu stehn. Bald d
nahmen sie eine retrograde, gen West gerichtete,
an, die immer gröſser und endlich am gröſsten wu
sie der Sonne gerade gegenüberstanden, oder wenn s
ihrer *Opposition*, um Mitternacht in der Mitte des
Himmels oder im *Meridian* standen. Von da nahm
grade Bewegnng wieder ab, bis sie in derselben
von der Sonne, wie zuvor, wieder einige Zeit stil
und dann eine immer schneller werdende directe
annahmen, die wieder am gröſsten war, wenn sie
am nächsten standen, oder wenn sie zur Zeit ihrer C
mit der Sonne zugleich durch den Meridian gingen.

Zwei andere solche bewegliche Himmelskörper,
Mercur, zeigten ähnliche und wohl noch gröſsere Un
in ihrer Bewegung, nur mit dem Unterschiede, da
nicht, wie jene drei, um den ganzen Himmel von
entfernten, sondern daſs sie immer in der Nähe die
blieben. Auch sie gingen bald östlich, bald westl

Digitized by Google

ie wieder völlig still, und alle ohne Ausnahme er- dem Auge des Beobachters am gröſsten, wenn sie am n rückwärts, gen West, gingen, und am kleinsten lat, wo ihre directe oder östliche Bewegung am gröſs- Um dieses durch eine graphische Darstellung anschau- Fig. 165. achen, zeigt die Figur den Lauf der Sonne und des Mercur, wie beide von der Erde für die Monate Fe- September 1835 gesehn wurden. Die gerade Linie 00 Aequator vor, auf welchem die Rectascensionen in 1, 2, 3, 4.... genommen sind, deren jede 15 Grade Senkrecht darauf stehn die in Grade getheilten Decli- ise, die südliche Declination bis 10° und die nörd- 30°. Der Lauf der Sonne ist durch die krumme Linie IF und der des Mercur durch a b c d e f vorgestellt,

ka Ort der	Sonne	und des	Mercur	für den	1. März	1835
—	—	—	—	—	1. April	—
—	—	—	—	—	1. Mai	—
—	—	—	—	—	1. Juni	—
—	—	—	—	—	1. Juli	—
—	—	—	—	—	1. August	—

a der erste Blick auf diese Karte zeigt die groſse Un- igkeit des Laufes des Planeten, während die Bahn der als ein einfacher gröſster Kreis des Himmels dar- n Allgemeinen geht zwar auch Mercur gen Ost, indem derselben Richtung fortschreitende Sonne bald in ge- ld in gröſserer Enfernung begleitet, aber diese directe des Planeten wird selbst in dieser kurzen Zeit mehr unterbrochen. So erscheint er in dem Puncte a ohne in Rectascension, da seine Bahn hier nahe senkrecht Aequator steht. Von a bis b geht er rückwärts, sowie e bis f; zwischen a und b, sowie in dem oberen Bogen e und f bildet seine Bahn eine Art von Schlinge, in sich selbst wieder zurückkehrt u. s. w. Nicht Aenderungen ist auch die Declination dieses Planeten en. In einigen Puncten ändert sich die Declination gar lem die Bahn Mercurs mit dem Aequator nahe parallel n andern Orten steigt oder fällt sie, und zwar bald bald wieder sehr schnell u. s. w. Da es nun durchaus

nicht wahrscheinlich ist, daſs Mercur in der That ii verwickelten Bahn einhergehn sollte, da diese Verwi gewiſs nur scheinbar sind, so wird es darauf ankom Ursache dieses Scheines aufzusuchen, und zuzusehen aus ihr alle jene Verwickelungen genügend und auf fache Weise erklären lassen. Daſs aber diese Aul schwer seyn muſs, folgt schon daraus, daſs die wahre derselben erst so spät gefunden worden ist, und da vergebliche Versuche der scharfsinnigsten Männer muſsten, bis es endlich einem von ihnen gelang, Räthsel zu lösen, und zwar nur im Allgemeinen, nur in seinen gröbsten Zügen. Copernicus, wahre Auflösung in der Mitte des 16ten Jahrhunde hat, lieſs die Kreise, in welchen sich, den Alten zuf Planeten bewegen sollten, noch ganz unberührt, ja über die Gröſse der Halbmesser dieser Kreise nichts tes fest, sondern er begnügte sich damit, den gemein Mittelpunct aller dieser Kreise in die Sonne zu legen die Reihenfolge dieser Kreise, wie sie nach ihrer ordnen seyn sollen, anzuzeigen, ohne diese absolut selbst zu bestimmen.

Wie ungleich schwerer würde diese Auflösung seyn, wenn er auch die wahre Beschaffenheit die ihre Gröſse und Gestalt, wenn er zugleich die Ellipse den Planeten hätte angeben sollen, in welcher er s Sonne bewegt. Allein diesen zweiten, schwereren T er seinem groſsen Nachfolger Kepler überlassen, disser würde wohl schwerlich das Problem gelöst h er nicht zufällig durch die Beobachtungen Tych unterstützt worden wäre, die viel genauer waren aller seiner Vorgänger, so daſs Kepler in diesen Bec die Abweichungen von der Kreisbewegung oder di elliptische Ausweichung der Planeten schon erkenn Wenn es aber ein Glück für Kepler genannt w daſs die Beobachtungen des Mars, die ihm Tycho l genau waren, so darf man ihm auch zugleich Glück daſs dieselben Tychonischen Beobachtungen nicht n waren. Wären diese Beobachtungen z. B. von derjenigen gewesen, die mit so viel bessern Instr unsern Tagen angestellt werden, so würde Keple

Digitized by Google

…en elliptischen, noch eine groſse Menge sehr beträcht-… Abweichungen anderer Art bemerkt haben, die sich durch …wegung in einer Ellipse auf keine Weise darstellen las-… …d er würde selbst mit seinem hohen Talente an der …ung aller dieser höchst complicirten Phänomene ver-… …ben.

…rend nämlich jeder Planet, bloſs aus den beiden Ur-… …dem er sich erstens in einer Ellipse, also auch noth-… …Weise ungleichförmig bewegt, und indem diese Be-… …zweitens von einem selbst wieder beweglichen Stand-… …von der Erde, aus beobachtet wird, die bereits oben er-… …groſsen Ungleichheiten zeigt, wird er überdieſs nicht … der Sonne, als dem Centralpuncte seine Hauptbe-… …sondern auch, wenn gleich im geringeren Maſse, von … Planeten ebenfalls angezogen. Während also z. B. …durch die Attractionskraft der Sonne in seiner ellipti-… …ahn einen Weg von mehr als 650 Millionen geogr. … einer bald gröſsern, bald geringern Geschwindigkeit …, wird er jeden Augenblick durch alle ihn umgebenden … wieder aus dieser Bahn herausgezogen. Nach den … Lagen dieser Planeten zieht ihn der eine näher …, während ihn der andere davon entfernt; dieser reiſst … Wege vorwärts, jener zurück; dieser erhebt ihn … …ſst ihn unter seine ursprüngliche Bahn, und diese … und zuweilen so groſs, daſs sie selbst den älteren … mit ihren unvollkommenen Instrumenten nicht hät-… … können, wenn sie diese Abweichungen nicht eben … Unvollkommenheit ihrer Beobachtungen erklärt und … beruhigt hätten. Die Störungen der Länge z. B., die … Jupiter erfährt, können nahe auf einen ganzen Grad … die Störungen, welche derselbe Planet auf die vier …, die sich zwischen ihm und Mars um die Sonne …, können sogar mehrere Grade betragen. Es ist übri-… …ht einzusehen, daſs alle diese immerfort wirkenden … nicht nur auf den jedesmaligen Ort des Planeten in …elliptischen Bahn, sondern daſs sie mit der Zeit auf seine …, auf die Gröſse, Lage und Form seiner ursprüngli-… …llipse, Einfluſs haben werden, und daſs auf diese Weise …, allen diesen nach allen Seiten auf ihn wirkenden … preisgegeben, eigentlich in einer sich jeden Augenblick

verändernden Bahn einhergehn müsse. Diese Verwir
noch gröſser, wenn wir bedenken, daſs sich alle un
bestimmungen der Planeten auf die *Ekliptik* beziehn,
wieder, durch die Wirkung aller Planeten, eine i
nach stets veränderliche Ebene ist. Durch Jupiters E
z. B. wird die Ebene der Ekliptik verrückt, und dies
nothwendige Folge, daſs auch die Knoten aller übrigen
bahnen mit der Ekliptik, so wie auch ihre Neigun
diese Ebene, Aenderungen erfahren, selbst wenn sich
nen der übrigen Planeten in ihrer Lage unter eina
ändern möchten, was sie doch, in Folge derselben
aller andern Planeten, ebenfalls thun müssen. Eine
Wirkung, wie die des Jupiter auf die Erdbahn, w
alle andere Planeten auf dieselbe Bahn äuſsern, ja
Wirkungen eines und desselben Planeten werden mi
der Zeit wieder geändert werden, wenn einmal, du
ben immerfort wirkenden Störungen, die Bahnen all
unter sich ganz andere Lagen haben werden, als sie
nehmen.

Noch gröſser werden diese Verwirrungen, wen
denken, daſs wir sie nicht bloſs von der sich um
und zugleich um sich selbst so schnell bewegten Er
daſs wir sie auch durch eine die Erde ringsum umgeb
die Atmosphäre, betrachten müssen, welche letztere
die Ursache von unzähligen optischen Täuschunge
durch welche wir keines der Gestirne an dem Ort
den es in der That am Himmel einnimmt, zu g
daſs auch die *Abirrung des Lichts*, durch welc
diese Gestirne sichtbar werden, den Ort derselben
das mannigfaltigste verstellt. Endlich wird auch
Präcession der Nachtgleichen und durch die *Nu*
Erdaxe der Aequator nicht bloſs, sondern auch
schnitt des Aequators mit der Ekliptik oder der
punct immerfort verändert. Da wir aber von die
alle Längen und Rectascensionen zählen und da alle
obachtungen sich auf den Aequator beziehn, so sieh
selbst von den sogenannten *Fixsternen*, wenn sie
Ort am Himmel nicht ändern, doch die Länge,
ascension und die Declination immerwährenden
gen unterliegt, und daſs diese Aenderungen auch

Digitized by Google

erwähnten zahlreichen Anomalieen der beweglichen Plane-
ten noch mehr verwirren werden. Der ganze Himmel also,
welchem wir früher nur Ordnung und Harmonie bewundern
ten, gewährt uns nun, bei genauerer Ansicht, nur Unord-
nung und Verwirrung ohne Ende, so daſs in dem verwickel-
ten Gewühle aller dieser sich durchkreuzenden Bewegungen
selbst die Grenzsteine, durch welche wir anfangs die groſse
Karte des Himmels fesseln wollten, sich verrücken, daſs alle
diese Gestirne, daſs selbst der Anfangspunct unserer Zäh-
lung sich immerwährend verrückt, daſs aus dem ersten Ge-
setze das letzte, aus dem letzten das erste wird, und daſs wir,
bei aller dieser zahllosen wahren und scheinbaren Bewe-
gungen, an eine Entwickelung und Erklärung derselben ohne
Verlegenheit kaum denken können.

Dieses wird genügen, die Schwierigkeiten des hier in Rede
stehenden Problems zu zeigen, und zugleich zu erklären, warum
die Auflösung desselben nicht bloſs erst nach so vielen Jahr-
hunderten, sondern auch, warum diese Auflösung nur theil-
weise und zuerst bloſs in ihren groſsen Zügen, gleichsam in
den gröbsten Umrissen gefunden werden konnte, eine Er-
scheinung, die in der Geschichte der Astronomie und überhaupt
aller exacten Wissenschaften so oft wiederkommt, daſs sie
als einer der kräftigsten Beweise der Schwäche des
menschlichen Geistes betrachtet werden kann, wenn gleich auf
der andern Seite die endliche, wenn auch mit noch so vielen
Schwierigkeiten verbundene glückliche Auflösung jener groſsen
Aufgabe mit Recht als der schönste Triumph desselben Geistes
angesehen werden darf.

Wir gehn nun zu der nähern Betrachtung der ver-
schiedenen Hypothesen über, die man zur Erklärung jener Er-
scheinungen des Himmels von Zeit zu Zeit aufgestellt hat, und
zwar unter diesen zuerst

A. Das aegyptische Weltsystem.

Wir kennen dieses System bloſs in seinen allgemeinen
Umrissen aus einigen zerstreuten Nachrichten. Eine hierauf bezüg-
liche Aeuſserung von Cicero gilt als zweifelhaft[1], da sie ver-

[1] Somnium Scipionis. Lib. I. Cap. 19.

ſchiedener Auslegungen fähig ist. Vitruv[1] sagt aus
daſs Mercur und Venus die Sonne umgeben und sich
selbe bewegen, und daſs dadurch ihr Stillstand und
entstehn. Nach Macrobius, Plutarch u. A. soll
Lehre der alten Aegyptier gewesen seyn. Marcian
la[2], der im fünften Jahrhundert n. Chr. lebte, entwic
Lehre noch umständlicher, indem er sagt, daſs die B
Mercur und der Venus nicht die Erde, sondern vi
Sonne umgeben, daſs die Sonne in dem Mittelpu
Bahnen sey, daſs jene zwei Planeten zuweilen die
weilen jenseit der Sonne sich aufhalten, u. s. w. B
den Beinamen *Venerabilis*, der im Anfang des ach
hunderts in England lebte, setzt diese Hypothese seh
aus einander, so wie auch Argoli[4] im 17ten Jahrhun

Dieses ägyptische System, wie es jetzt allgemein
Fig. 166. wird, wird durch Zeichnung am leichtesten verständli
Erde T steht ruhend in der Mitte des Himmels, al
punct der kreisförmigen Bahn des Monds ☾ und der
so wie der drei äuſsersten, damals bekannten Planeten
Jupiter ♃ und Saturn ♄. Alle diese Himmelskörper
sich in den angezeigten Bahnen von West nach Os
ruhende Erde T, während die Sonne auf ihrer Bahn S
zwei anderen concentrischen Kreisen umgeben ist, in d
ripherieen sich Mercur ☿ und Venus ♀ bewegen, so
die Sonne auf ihrem Wege S A B von den beiden let
neten stets begleitet wird. Durch diese Anordnung w
auffallendsten Bewegungen der Venus und des Me
Stationen und Retrogradationen, im Allgemeinen den
tungen gemäſs dargestellt, nicht so aber die der drei
Planeten, die daher ganz unerklärt blieben.

B. Ptolemäisches System.

Nach diesem bewegt sich um die ruhende Erde T a
Fig. 167. punct in concentrischen Kreisen zunächst der Mond ☾, d

1 De Architectura. Lib. IX. Cap. 4.
2 De nuptiis Philologiae et Mercurii. Lib. VIII.
3 De mundi coelestis ac terrestris constitutione.
4 Pandosium Sphaericum.

Venus ♀, die Sonne ☉, Mars ♂, Jupiter ♃ und Saturn ♄. mäus widmet zwei Capitel (*Μεγάλη σύνταξις* oder Al- Lib. I. Cap. 5 u. 7) den Beweisen, daſs die Erde im ... der Welt ruhe, *ὅτι μέση τοῦ οὐρανοῦ ἐστιν ἡ γῆ*. ..., warum er die Bahn der Sonne zwischen die von und Venus auf der einen und zwischen die von Mars, und Saturn auf der andern Seite setzt, giebt er Lib. IX. weil nämlich jene zwei immer in der Nähe der Sonne, ... aber auch zuweilen der Sonne gegenüber gesehn ... Ueber die eigentliche Gröſse der Halbmesser dieser spricht er sich nirgends aus und giebt bloſs an, daſs ... äuſsersten Planeten in der durch die Figur ange- Ordnung gesetzt habe, weil er glaube, daſs die Pla- ... weiter von der Erde entfernt seyn müssen, je lang- sich bewegen, wie man dieses beim Mond und bei ... sehe, wo der erste sich viel schneller bewege und auch viel näher bei uns sey, weil er die Sonne zu- verfinstere. Auch das matte Licht Saturns bestimme ihn, ... an die äuſserste Grenze des Systems zu setzen. Seine endlich für die Unbeweglichkeit der Erde im Mittel- der jener Kreise sind gröſstentheils vom Mangel aller ... der Fixsterne hergenommen, indem er voraussetzt, ..., wenn die Erde ihren Ort im Raume änderte, eine ... der gegenseitigen Stellungen der Fixsterne bemer- ...

... dieser, immerhin einfacheren Anordnung der Him- ..., als im ägyptischen Systeme, fehlt aber noch die ... des Vor- und Rückwärtsgehens der Planeten. Diese Ptolemäus durch seine Theorie der *Epicykel*, wo- folgenden Abschnitte die Rede seyn wird. Er gesteht daſs diese Epicykel den Gegenstand sehr zu verwickeln ... Allein er tröstet sich damit, daſs die Planeten wohl nicht so schwer zu bewegen seyn mögen, als es uns fällt, diese Bewegungen zu begreifen; daſs das Ein- ... Weltbaue von ganz anderer Art sey, als in den ... der Menschen, und daſs endlich die genaue Darstel- ... Erscheinungen der Natur allen anderen Rücksichten ... werden müsse.

... Almagest. Lib. XIII. Cap. 2.

Welches die Kräfte oder überhaupt die physi
seyn mögen, durch die der Planet um den ganzen
telpunct des Epicykels, und durch welche dieser
um die ruhende Erde in einem Kreise bewegt we
Ptolemäus ebenso wenig, als die Gröſsen der Halb
ser Kreise an. Die Meinung von den in einander
durchsichtigen Sphären, die sich wie Zwiebelscha
und dabei die Planeten mit sich herumführen, gehört
Manche sagen, dem Ptolemäus, der für solche Hyp
verständig war, als vielmehr dem weit ältern Eu
Es ist schwer zu begreifen, wie ein Mann, wie Ar
einem solchen Einfalle seinen Beifall in so hohem M
konnte. Eudoxus soll jedem Planeten vier Sphären
haben, deren eine die tägliche Umdrehung, die zwe
gene Bewegung, die dritte die Veränderungen der
die vierte endlich die Stillstände und Rückgänge
sollte. Er brachte die Anzahl dieser Sphären auf 26
später durch Calippus und Polemarchus, mit Be
des Aristoteles, auf 56 vermehrt worden sind.
der Folge, als die Beobachtungen viel genauer wurd
ten sich noch mehrere andere Ungleichheiten, deren
der einen Epicykel oder eine eigene Sphäre verlangte
dem Monde besonders wurde die Anzahl dieser Epi
überhaupt die Verwirrung der Gegenstände schon zu
Araber so groſs, daſs an ein Sichten und Or
selben, so lange man diese alte Hypothese beibehi
weiter gedacht werden konnte. Der Anblick dieser
rung mochte wohl auch den König Alphons X.
lien zu der bekannten unbesonnenen Aeuſserung bewog
*Si a principio creationis humanae Dei altissimi
interfuisset, nonnulla melius ordinatiusque condita*

Dennoch herrschte dieses System mit allem
hängten Flickwerk von Ptolemäus (130 nach Chr.
in die letzten Tage des Copernicus (starb 24. M
Die Stützen, auf welchen diese so hartnäckig,
äuſsere religiöse Einwirkung vertheidigte Hypothese
ten aus der fixen Idee von der Unbeweglichkeit der E

1 Metaphys. Lib. XII. Cap. 8.
2 Rodericus Sanctius Histor. Hispan. Par. IV. Cap. 5.

der Schein so deutlich zu sprechen scheint, und aus dem des Almagest genommen, ein Werk, das seit seiner ...g bis in die Mitte des sechzehnten Jahrhunderts die ... aller astronomischen Kenntnisse ausmachte. Dazu ... die beinahe abergläubische Verehrung des Aristo- ... den Arabern sowohl, als auch im ganzen Mittelalter, ... wie auch Plato und andere griechische Philosophen, ... von Mathematik oder Astronomie viel zu verstehn ... sich mit eigentlichen Beobachtungen zu begnügen, ...ungen des Himmels und der Erde, gleich unseren Naturphilosophen, aus rein metaphysischen Gründen *a* ...truiren und erklären wollte.

... schon der erste Blick auf die Bewegungen der Plane-..., daſs dieselben nicht *geradlinig* seyn können, da ... Bahnen *krumme Linien* seyn muſsten, so war es ... natürlichsten, die einfachste und bekannteste von al-... Linien, den *Kreis*, zuerst zu untersuchen, und ... bald, daſs er der ersten, allerdings nur sehr rohen ...g hinlänglich genüge. Die griechischen Philosophen, ... Naturforscher seyn wollten, ohne doch diese Na-... Beobachtungen und Experimente zu befragen, um ihr ... einzig möglichen Wege vielleicht ihre Geheimnisse ..., nahmen also ebenfalls an, daſs die Bahnen der ...ntlich *Kreise* seyen, aber nicht aus der Ursache, ... Annahme den Beobachtungen, um welche sie sich ... kümmerten, am besten entsprach, sondern aus ei-... sie wähnten, viel höheren, aus einem hyperphysi-...nde. Der Kreis galt ihnen nämlich als die vollkom-... krumme Linie, also auch sofort als die der Natur an-..., als die des Urhebers dieser Natur allein würdige. Diese Idee, so unbegründet, so inhaltsleer sie war, ... bald einen allgemeinen Eingang, und sie schlug ...n tiefe, nach allen Seiten verbreitete Wurzeln. Seit ... des Aristoteles, 350 Jahre vor unserer Zeitrech-... zu Ende des 16ten Jahrhunderts war sie die herr-... Meinung nicht bloſs des groſsen Haufens, sondern auch ...men. Diese Idee war es vorzüglich, die die er-... verwickelte Theorie der ptolemäischen Epicykel er-... und die, so lange sie die Gröſsen beherrschte, alle Erkenntniſs der Bewegungen der himmlischen Körper,

Digitized by Google

alle eigentliche Astronomie, so gut als unmöglich
Selbst der groſse Copernicus, dieser *Vir maximi in*
quod in hoc exercitio magni momenti est, animo li
Kepler von ihm sagte, selbst dieser freidenkende, vo
freie Mann, der sich doch so wenig von fremder
und von althergebrachten Meinungen leiten lieſs, daſs
mehr sein ganzes Leben darauf verwandte, eine d
und am hartnäckigsten vertheidigten dieser Meinungen
kämpfen, selbst dieser seltene Mann konnte sich v
seit beinahe zwei Jahrtausenden alle Geister fesselnd
urtheile nicht losmachen, und so groſs auch seine V
um die Wissenschaft waren, so beschränkten sie sich
darauf, die von dem Alter geheiligten und auch ih
tastbaren Kreise der Planeten anderes zu vertheilen,
Kreise selbst, an welche er ebenso fest, wie alle
gänger, glaubte, wagte er nicht zu berühren. Um
diese Bewegungen der Planeten, den Beobachtungen
gemäſs, so viel als möglich darzustellen, muſste a
verworrene, offenbar nur als Hülfsgerüste gebrauchte
hellen Geiste ohne Zweifel nicht zusagende Hypothe
cykel, wie er sie von den Alten überkommen hatte,
dert beibehalten.

Es wird aber hier der Ort seyn, diese Hypoth
welche man selbst in den neueren astronomischen Sch
selten, und auch dann meistens nur ungenügende, w
unrichtige Nachrichten findet, etwas näher kennen
was sie allerdings verdient, da sie durch ihre lange
historisch merkwürdig geworden ist, und da sie zu
theoretischer Beziehung eines der schönsten Denk
Scharfſinns der Alten ist.

C. Theorie der Epicykel.

Zuerst wollen wir bemerken, daſs die Ungleichheit
che man in den Bewegungen der Planeten beobachtet,
lei Art sind, wie auch die Alten schon bemerkt hab
eine, welche sie die *erste* Ungleichheit nannten, hatte
rische, und die andere oder *zweite* Ungleichheit hatte
odische Revolution[1] zu ihrer Periode, oder mit and

1 Vergl. Art. *Umlaufszeiten*. Bd. IX. S. 1214.

Digitized by Google

ie erste hatte ihren ganzen Kreislauf von Abwechselungen durchlaufen, um dieselben Ungleichheiten wieder von und in derselben Ordnung zu beginnen, wenn der Planet zu demselben Fixstern, die andere aber, wenn er wie- Sonne zurückkam, von der er, im Anfange der Pe- zweiten Ungleichheiten, ausgelaufen war. Die erste Ungleichheiten war viel geringer, als die zweite, und sich den Alten nur durch eine Veränderung der digkeit bemerkbar, mit welcher der Planet in ver- Puncten seiner Bahn oder zu verschiedenen Zeiten derischen Revolution einherging. Für die Sonne war mögliche Werth dieser Ungleichheit 1° 55′ 36″, oder konnte während jeder siderischen Revolution dieses die wahre Länge hinter der mittleren zurückbleiben , auf der andern Seite der groſsen Axe der Bahn, Länge voreilen. Für Saturn betrug das Maximum Ungleichheit 6° 27′, für Jupiter 5° 31′, für Mars 10° 41′, Venus nur 0° 47′, und für Mercur endlich, wo sie größten ist, stieg sie auf 23° 40′. Beim Monde aber, nur auf 6° 19′ steigen konnte, hatten sie die glich gut beobachten können, da für diesen Neben- die andere oder zweite, viel gröſsere Ungleichheit gar , so daſs also jene erste ganz rein, und von der gestört, erscheinen würde, wenn nicht wieder an- Perturbationen dieses Satelliten durch die Sonne , *Variation* und die sogenannte *jährliche Glei-* die sich auf nahe 1° 30′ erheben können, jene erste schwer zu erkennen und zu verfolgen gemacht Die *zweite* Ungleichheit aber, welche die Planeten in wegungen zeigten, war viel gröſser und auffallender. begriffen nämlich die Alten die oben erwähnten gen der Planeten, nach welchen sie bald vorwärts , bald rückwärts gen West gingen und bald wieder Zeit völlig am Himmel still zu stehn schienen. groſsen Ungleichheiten besser zu übersehn, giebt die Tafel unter I den gröſsten geocentrischen Bogen, in der Rückgang (die Retrogradation) eines jeden Plane- haben kann, unter II die Dauer dieses Rückgangs,

Vergl. Art. *Mond* Bd. VI. S. 2356.

unter III die heliocentrische Bewegung des Planeten i
unter IV endlich die heliocentrische Bewegung der E
rend der Dauer dieses Rückgangs der Planeten.

	I		II		III		
Mercur	15°44′		22 Tag.	12 Stund.	111°	5′	2
Venus	17	12	43	12	70	24	41
Mars	19	35	80	15	38	4	81
Jupiter	10	0	116	18	10	42	12
Saturn	6	55	138	19	5	4	13
Uranus	3	53	152	15	2	0	14

Den eigentlichen Grund dieser zwei Ungleichheiten
die Alten nicht angeben; auch schien es ihnen nicl
um diesen Grund, als vielmehr nur um eine Hypothes
zu seyn, durch welche sie jene beiden Ungleichheiten
obachtungen gemäſs darstellen konnten, unbekümmert,
diese Hypothese der Natur selbst gemäſs sey oder ol
gentliche Ursache jener zwei Erscheinungen ganz wo a
gen möchte. Dieses Verfahren ist an sich selbst nich
tadeln, vielmehr ist es das beste und sicherste Mittel
Erforschen der Phänomene, die uns die Natur darbie
nigstens allmälig zu der wahren Ursache derselben
gen. Auf dieselbe Weise hat auch in der Mitte de
Jahrhunderts der groſse Beobachter James Bradley di
entdeckten Bewegungen der Gestirne, die wir durch
tion und *Nutation* bezeichnen, durch eine Hypothe
läutern gesucht. Zur Erklärung der Nutation lieſs e
den Pol des Aequators in 19 Jahren die Peripherie ei
nen Ellipse beschreiben, deren groſse und kleine Ax
und 14 Secunden beträgt. Um aber die Erscheinu
Aberration darzustellen, lieſs er sogar jedes Gestirn
mels während der Zeit eines Jahres in einer Ellipse ei
deren groſse Axe 40 Sec. betrug, während die klein
verschiedene Sterne, nach ihrer Entfernung von der
auch verschieden und für jeden Stern eine andere wa
Zweifel waren dem Erfinder dieser sinnreichen Hypot
diese Ellipsen selbst sehr unwahrscheinlich, aber e
ihm, die Erscheinung durch diese Hypothese den
tungen gemäſs dargestellt, es genügte ihm, eine a

Digitized by Google

gefunden zu haben, welche alle die von ihm entdeck-
änderungen der Fixsterne richtig und der Wahrheit ge-
darstellte. Welchen weiteren Grund aber diese Formel
zeige, lieſs er seinen Nachfolgern zu untersuchen übrig,
die auch endlich fanden, daſs die bisher nur hypothetisch
ellipse Nutationsellipse ihre Ursache in den durch die
der Sonne und des Monds auf die abgeplattete Erde
brachten Bewegungen der Erdaxe, und daſs alle jenen
Aberrationsellipsen ihre letzte Ursache in der Ge-
keit des Lichtes haben, das seinen Weg von der
uns in 8 Min. 13 Sec. zurücklegt.

ebenso hat denn endlich auch COPERNICUS gefun-
die oben erwähnte zweite Ungleichheit der Planeten
letzten Grund in der Bewegung der Erde habe,
KEPLER die wahre Ursache der ersten Ungleichheit
daſs die Planeten nicht gleichförmig in Kreisen,
schaftlicher Mittelpunct die Sonne ist, wie Co-
wollte, sondern daſs sie mit veränderlichen Ge-
keiten in Ellipsen einhergehn, deren einen Brennpunct
einnimmt.

Alten aber, und alle ihre Nachfolger bis ins 16te
nahmen die Bewegung der Planeten gleichförmig
Kreisen an, daher sie den wahren Grund der ersten
nicht finden konnten, und sie nahmen überdieſs
Mittelpuncte aller jener Kreise ruhend an, daher
die wahre Ursache der zweiten, bloſs aus der Be-
Erde entstehenden Ungleichheit verborgen bleiben
Da jedoch das Ursachenthier, wie LICHTENBERG den
nennt, seiner inneren Natur nach nicht eher mit sich
Frieden kommen kann, bis es von dem, was ihm
Canäle seiner Sinne von auſsen zuflieſst, irgend ei-
selbst einen oft wieder ganz grundlosen, angeben
suchten auch unsere guten Altvordern einen solchen
welchem sie jene doppelte Erscheinung der Pla-
eine wenigstens sie selbst befriedigende Weise ablei-
und so fanden sie denn endlich zur Erklärung
Ungleichheit den *excentrischen Kreis* und zur Dar-
zweiten den *Epicykel.*

die ruhende Erde, um welche sich die Sonne in Fig.
ABD gleichförmig bewegt. Da die Bewegung in 168.

Digitized by Google

einem Kreise ihrer Natur nach nicht anders als glei
seyn kann, so nehmen wir an, daſs die Sonne, die de
Kreis, dessen Mittelpunct T ist, in einem Jahre von 36
Tagen zurücklegt, in jedem dieser Tage denselbe
Aa; Bb; Dd... beschreibe. Wäre nun die Erde in
in dem Mittelpuncte T dieses Kreises, so würde sie di
chen Bogen auch immer unter den gleich groſsen
ATa; BTb; DTd... sehn, oder die tägliche B
der Sonne würde durch das ganze Jahr immer gleich
scheinen. Allein dieses stimmt mit den Beobachtun
überein. Man bemerkte nämlich, daſs die tägliche A
der Sonne in Länge im Anfang des Winters im
gröſser war, als im Anfang des Sommers. Bezeich
oder die mit ihm parallele Gerade C♈ die Linie der F
nachtgleichen, von welcher man in der östlichen
♈DB alle Längen zu zählen pflegt, so geben die
tungen die gröſste tägliche Bewegung der Sonne um
des December, wenn die Sonne, von der Erde gese
oder in der Länge von 280° war; die kleinste Beweg
hatte, in der Mitte unseres Junius, dann statt, wenn
in A war oder nahe die Länge von 100° hatte. Do
diese tägliche Bewegung 3671, hier nur 3432 S
Während die Sonne in der einen Hälfte des Jahrs vo
B bis nach D ging, nahm ihre tägliche Bewegung all
während sie in der andern Jahreshälfte durch den Boge
wieder ebenso regelmäſsig abnahm.

Wenn aber, wie die Alten glaubten, der Krei
einzig wahre Bahn der Sonne beibehalten werden
wird man, diese Ungleichheit darzustellen, nur die
dem Mittelpuncte T jenes Kreises wegnehmen und sie
wo in die Linie AD, welche die zwei Puncte der
und kleinsten Bewegung verbindet, z. B. in den Punc
len dürfen, so daſs der Winkel ACa = 3432 und der
DCd = 3671 Secunden beträgt. Dieses wird man a
man leicht sieht, dann erhalten, wenn man den Punct
Linie ATD so wählt, daſs die Entfernung TC =
oder genauer gleich 0,017 des Halbmessers jenes Kr
nommen wird. Dieser Kreis wurde daher der *exc*
Kreis genannt. Doch gebrauchten sie diese Hypot
vorzüglich bei der Sonne und dem Monde, wo näm

. Ungleichheit gänzlich wegfällt und wo sie daher nur
. ersten ins Reine zu kommen hatten. Bei den Pla-
., wo sich beide Ungleichheiten vermischen, machte ihnen
.nderung derselben schon zu groſse Mühe und sie be-
. sich daher gröſstentheils mit der Darstellung dieser
. Ungleichheit, die wir nun ebenfalls näher betrachten
.

. also auch diese zweite Ungleichheit der Planeten, ohne
. auf die erste, zu erklären, ohne dadurch weder die
. ihrer beliebten Ruhe zu stören, noch auch sich von
. gleichsam heiligen Bewegung in Kreisen zu entfer-
. sie an, daſs sich auf der Peripherie M M′ M″ ei- **Fig. 169.**
., dessen Mittelpunct die Erde T ist, der Mittel-
. andern Kreises von West gen Ost oder in der
. M M′ M″ gleichförmig bewege, während der Mittel-
. Planeten selbst auf der Peripherie dieses zweiten
. ebenfalls in der Richtung von West gen Ost, gleich-
.einhergehn sollte. Man nannte diesen zweiten Kreis
.*ykel* und den ersten Kreis M M′ M″ den *deferirenden*
. Man sieht, daſs man durch eine solche Anordnung das
. und Rückwärtsgehn, so wie auch das Stillstehn der
. im Allgemeinen ganz gut erklären kann; denn wenn
. das Centrum des Epicykels in M″ ist, und wenn zu-
. der Planet in dem entferntesten Puncte a von der Erde T
., so haben beide Puncte M″ und a *dieselbe* directe Be-
., und der Planet wird daher, von der Erde T gesehn,
. *gröſste* directe Bewegung haben. Wenn aber der
. des Epicykels nach einer halben Revolution in
. M′ und der Planet zugleich in dem der Erde
. Puncte b ankommt, so wird die Bewegung des Punctes
. die Linke oder östlich, die des Planeten b aber ge-
. Rechte oder westlich gerichtet seyn, oder beide Puncte
. entgegengesetzte Bewegungen haben, und der Pla-
. daher, von der Erde T gesehn, nur mit der *Differenz*
. Bewegungen fortzugehn scheinen. Wenn aber,
. vorausgesetzt wird, die Winkelgeschwindigkeit des
. in der Peripherie seines Epicykels gröſser ist, als die
.puncts des Epicykels, so wird, für diesen Punct b,
. mehr rück- als vorwärts zu gehn scheinen, und
. er in diesem Puncte b die gröſste retrograde Bewe-
.

gung haben, so wie er vorhin in a die gröſste direct
gung, von der Erde T aus betrachtet, gehabt hat.

In dem Puncte M″ steht die Richtung der Bewe
Planeten in seinem Epicykel senkrecht auf die Linie T
den Mittelpunct des Epicykels mit dem der Erde
Wenn aber M″ in seinem Kreise und der Planet a i
ripherie des Epicykels weiter rechts gegen m fortgesc
so wird sich die Richtung der Bewegung des Planet
ihrer frühern senkrechten Lage immer mehr gegen
hinneigen und daher derjenige Theil der täglichen
desselben, der von der Bewegung des Planeten in sei
cykel kommt, immer kleiner erscheinen, während die
telpuncts des Epicykels, von T gesehn, immer diese
Auf diese Weise wird endlich der Mittelpunct des
in der Hälfte M″mM des Kreises zu einem Puncte
wo jener Theil ganz verschwindet und wo daher
nur noch mit der constanten Geschwindigkeit des
übrigens aber noch immer mit directer Geschwindigkeit
wird. Dieser Ort des Planeten wird aber derjenige
welchem die Tangente des Epicykels genau durch d
punct der Erde T geht, so daſs also der Planet sel
gerader Linie zur Erde hin bewegen, d. h. daſs
stehn scheinen würde, wenn er nicht durch die Bew
Epicykels selbst noch weiter gen Ost oder von m
führt würde. Nach diesem Puncte aber wird sich
tung der Bewegung des Planeten in seinem Epicyk
Erde, auf der andern Seite derselben, wieder all
und mehr entfernen oder jener Theil wird rückg
ganze scheinbare Bewegung aber doch noch immer
aber auch zugleich immer kleiner werden, weil jene
gige Theil immer wächst, bis er endlich so groſs w
ihrer Natur nach immer directe und constante Be
Mittelpuncts des Epicykels ist, wo dann der Plane
Bewegung für die Erde ganz *still* zu stehn scheinen
ferner, von diesem Puncte an, die retrograde Gesc
jenes Theils noch weiter zunimmt, so wird nun
gleich nach seinem Stillstande, retrograd zu werde
und diese retrograde Bewegung der Planeten, wie
Erde aus gesehn erscheint, wird so lange wachsen,
den Punct M, wie oben gesagt worden ist, ihren gröſ

Digitized by Google

hat. Aehnliche Erscheinungen werden in der andern MM'M", nur in verkehrter Ordnung, statt haben, und auf dieſe Weiſe den Planeten durch den ganzen einer Revolution etwa in einer Zeichnung verfolgt, so dadurch nicht nur die verschiedenen Geschwindigderselben, wie sie von der Erde aus erscheinen, sondern Puncte seines Stillstands, die Gröſse des Bogens seiRückgangs und kurz alle die oben erwähnten Erscheiseiner Bewegung, selbst die angeführten Schlingen und seiner Bahn, leicht und deutlich darstellen können, nämlich der Ebene des Epicykels und der Ebene MM'M", die wir bisher der gröſsern Einfachheit zusammenfallen lieſsen, eine angemessene Neigung gegiebt. Versetzt man endlich die Erde T, die wir Mittelpuncte des deferirenden Kreises angenommen eine angemessene Entfernung auſserhalb dieser Mit-, so wird man durch die ganze Unordnung nicht nur, die zweite, sondern auch die erste Ungleichheit der den Beobachtungen gemäſs darstellen können.

aber bei der Aufstellung dieser Hypothese für sich sowohl die Gröſse der beiden Kreise, als auch die des Mittelpunctes M in dem einen und des Plain dem andern Kreise nicht willkürlich sind, sondern für jeden Planeten besonders bestimmt werden müssen, ganze Einrichtung den Beobachtungen entsprechen Zu diesem Zwecke nahmen die Alten an, daſs die des Planeten in seinem Epicykel *bei allen Plane-* der synodischen Revolution des Planeten, und daſs zeit des Mittelpuncts des Epicykels für die oberen Mars, Jupiter und Saturn) gleich der tropischen Reieser Himmelskörper, für die untern Planeten (Ve-Mercur) gleich der tropischen Revolution der Sonne h 365,24225 Tagen sey, so daſs, bei diesen letzten ten, die Länge ♈TM des Centrums des Epicykels ich der Länge der Sonne seyn muſs. Da ferner die eten zur Zeit ihrer Conjunction [1] ihre gröſste directe, der Opposition aber ihre gröſste retrograde Bewegung versetzte man den Ort des Planeten zur Zeit der in den fernsten Punct a und zur Zeit der Oppo-

[1] Art. *Aspecten.* Bd. I. S. 401.

sition in den nächsten Punct b seines Epicykels bei der Bei den untern Planeten aber, die keine Opposition, ab zwei Conjunctionen haben, setzte man sie zur Zeit ihr Conjunction in den fernsten Punct a und zur Zeit ih tern Conjunction in den der Erde nächsten Punct b ih cykels, da auch diese Planeten in der That bei der obe junction am weitesten und bei der untern am wenig der Erde entfernt sind.

Noch sind die Halbmesser der beiden Kreise für je neten zu bestimmen übrig. Ptolemäus scheint sich, reits gesagt, um die Kenntniſs der Entfernungen der von der Sonne nicht eben sehr bemüht zu haben; au die aufgestellte epicyklische Hypothese, da sie sich nur Längen, nicht aber mit den Distanzen der Planeten, von der Erde statt haben, beschäftigt, bloſs die Verh nicht aber die absoluten Gröſsen dieser Halbmesser an d Die Alten nahmen an, daſs für die obern Planeten d messer des Epicykels sich zu dem des Kreises verhalten müsse, wie die mittlere Entfernung der mittleren Entfernung des Planeten von der Sonne, und die untern Planeten das umgekehrte Verhältniſs statt ha

Um das Vorhergehende analytisch darzustellen, sey der Mittelpunct des Kreises M M′ M″, in dessen Peripl Mittelpunct M, M′, M″ des Epicykels einhergeht, wah Peripherie dieses Epicykels von den Planeten P, P′ durchlaufen wird. Beide Puncte sollen sich von der zur Linken oder in der Richtung M M′ M″. . und P gleichförmig bewegen, und zwar so, daſs in den beid ander gegenüber liegenden Puncten M und M″ der Planet in seine gröſste und kleinste Entfernung von der Erde wodurch demnach die Bewegung der beiden Puncte P so angeordnet wird, daſs sie immer beide zugleich du Linie M T M″ gehn, oder daſs P in derselben Zeit die seines Epicykels zurücklegt, in welcher der Punct M d Hälfte der Peripherie seines Kreises geht. Es entsteht Frage: wie sollen die Geschwindigkeiten dieser beid wegungen und wie die Halbmesser dieser zwei Kreise werden, damit die aus dem Mittelpuncte T gesehenen Punctes P, P′, P″... mit den von der Erde beob Orten des Planeten übereinstimmen?

r Beantwortung dieser Frage wollen wir uns zuerst wie- Ausdrücke in Erinnerung bringen, die wir oben[1] für timmung des geocentrischen Orts aus dem heliocentri- ufgestellt haben. Ist nämlich

Halbmesser der Planetenbahn,

— — – Erdbahn, beide als kreisförmig und in der Ebene der Ekliptik angenommen; ist ferner

heliocentrische Länge des Planeten,

geocentrische Länge des Planeten,

geocentrische Länge der Sonne und

Distanz des Planeten von der Erde,

man, wie a. a. O. gezeigt worden ist,

$$\left.\begin{array}{l} \text{s.}\,(l-N) + R\ \text{Cos.}\,(L-N) = \rho\ \text{Cos.}\,(\lambda - N) \\ \text{r.}\ l-N) + R\ \text{Sin.}\,(L-N) = \rho\ \text{Sin.}\,(\lambda - N) \end{array}\right\},$$

rend eine willkürliche Gröſse bezeichnet. Aus diesen leichungen findet man sofort

$$\text{Tang.}(\lambda - l) = \frac{\frac{R}{r}\,\text{Sin.}\,(L-l)}{1 + \frac{R}{r}\,\text{Cos.}\,(L-l)} \quad \text{oder}$$

$$\text{Tang.}(L - \lambda) = \frac{\frac{r}{R}\,\text{Sin.}\,(L-l)}{1 + \frac{r}{R}\,\text{Sin.}\,(L-l)}$$

nn man so die Gröſse l kennt, so findet man auch die ρ des Planeten von der Erde durch den Ausdruck

$$\rho^2 = r^2 + R^2 + 2\,rR\ \text{Cos.}\,(l-L)$$

ch

$$\rho = r\ \text{Cos.}\,(\lambda - l) + R\ \text{Cos.}\,(L - \lambda).$$

vorausgesetzt gehn wir nun wieder zu unserer Figur Sey T♈; M♈; M′♈.. die Linie der Nachtgleichen, nn der Mittelpunct des Epicykels in M′ ankommt, so sey Ort des Planeten in der Peripherie dieses Epicykels. reinige die drei Puncte T, M′ und P′ durch gerade

1. Art. *Umlaufszeiten.* Bd. IX. S. 1254.

Sey TM = TM' = a der Halbmesser des Kreise
und MP = M'P' = b der Halbmesser des Epicykels,
P'T = c die Entfernung des Planeten P' von der Erde
ferner ♈TM' = α die geometrische Länge des Mitt
M' des Epicykels, ♈TP' = γ die geocentrische Länge
neten P' und ♈M'P' = β die aus dem Mittelpuncte
Epicykels gesehene Länge des Planeten. Um nun die
Gröſsen a, b, c und α, β, γ unserer Aufgabe gemäſs
stimmen, so hat man in dem Dreiecke TM'P' die Wi

$$T = \gamma - \alpha$$
$$P' = \beta - \gamma$$
$$M' = 180 + \alpha - \beta,$$

also auch

$$\text{Tang.}(\gamma - \beta) = \frac{\frac{a}{b}\,\text{Sin.}(\alpha - \beta)}{1 + \frac{a}{b}\,\text{Cos.}(\alpha - \beta)} \quad \text{oder}$$

$$\text{Tang.}(\alpha - \gamma) = \frac{\frac{b}{a}\,\text{Sin.}(\alpha - \beta)}{1 + \frac{b}{a}\,\text{Cos.}(\alpha - \beta)} \quad \text{und}$$

$$c = a\,\text{Cos.}(\alpha - \gamma) + b\,\text{Cos.}(\beta - \gamma).$$

Es handelt sich demnach darum, diese drei letzten Glei
mit den analogen drei vorhergehenden übereinstimmend
chen. Diese Uebereinstimmung aber erhält man, wie
gleich bemerkt, durch die folgende Annahme:

$$\alpha = L \text{ und } a = R$$
$$\beta = l \qquad b = r$$
$$\gamma = \lambda \qquad c = \varrho.$$

Diese Annahme setzt also voraus, daſs der Halbmes
Kreises MM' gleich dem Halbmesser der Erdbahn, u
der Halbmesser des Epicykels gleich dem Halbmesser
netenbahn ist, und dadurch sind die Gröſsen dieser
Kreise, der Aufgabe gemäſs, bestimmt. Um aber auch
schwindigkeiten oder die Umlaufszeiten der beiden Pu
und P in ihren Kreisen zu finden, so sey B die Uml
des Planeten in seinem Epicykel und A die Umlaufsz
Punctes M in der Peripherie des Kreises MM'. Die

Digitized by Google

...ien verhalten sich aber, wie verkehrt die Winkel, wel-
...der der zwei beweglichen Puncte um den Mittelpunct
...Kreises, während derselben Zeit, beschreibt. Der Punct P
...der um seinen Mittelpunct M den Winkel $PMP' = \beta - \alpha$
...selben Zeit zurück, in welcher der Punct M um seinen
...punct T den Winkel $MTM' = \alpha$ zurücklegt, so daſs
...demnach hat

$$A : B = \frac{1}{\alpha} : \frac{1}{\beta - \alpha} = \frac{1}{L} : \frac{1}{l - L}.$$

...nen aber l und L die Bewegung des Planeten und der
... für eine gegebene Zeit, so ist $\frac{360}{l}$ die tropische Um-
...it des Planeten und $\frac{360}{L}$ die tropische Umlaufszeit der
..., und ebenso ist auch $\frac{360}{l - L}$ die synodische Umlaufs-
...des Planeten, so daſs man daher hat

$$\frac{A}{B} = \frac{\text{trop. Revol. der Sonne}}{\text{synod. Revol. des Planeten}}.$$

...ieser Weise sind demnach die Halbmesser der beiden
... und auch die Bewegungen der beiden Puncte in diesen
... so bestimmt worden, daſs die epicyklischen Erschei-
...gen des Planeten in Beziehung auf ihre Längen sowohl,
... auf ihre Entfernungen von der Erde ganz mit den
...Erscheinungen, die unmittelbar aus den Beobachtungen
..., übereinstimmen.

Allein dieselbe Uebereinstimmung kann man auch noch,
...man bei näherer Betrachtung jener zwei Systeme von
...ungen sieht, auf die folgende Weise erreichen, indem
...nämlich annimmt

$$\begin{aligned} \alpha &= l & \text{und} \quad a &= r \\ \beta &= L & b &= R \\ \gamma &= \lambda & c &= \varrho. \end{aligned}$$

...man auch hier wieder

$$A : B = \frac{1}{\alpha} : \frac{1}{\beta - \alpha}$$

$$A:B = \frac{1}{l} : \frac{1}{L-l}$$

ist, so ist auch

$$\frac{A}{B} = \frac{\text{trop. Revol. des Planeten}}{\text{synod. Revol. des Planeten}}.$$

Man kann also auch die epicyklische Theorie mit den B
tungen ebenso vollkommen übereinstimmend machen, w
Halbmesser a des Kreises gleich dem Halbmesser der P
bahn und der Halbmesser des Epicykels gleich dem H
ser der Erdbahn angenommen wird, wo aber dann die
lution des Planeten in seinem Epicykel gleich der syno
und die Revolution des Mittelpuncts des Epicykels gl
tropischen Revolution des Planeten angenommen werde
Alles dieses stimmt vollkommen mit dem oben Gesagte
Griechen haben nämlich die erste Annahme (wo a =
b = r ist) bei den zwei untern Planeten, Mercur und
die zweite Annahme aber (wo a = r und b = R ist)
oberen Planeten, Mars, Jupiter und Saturn, vorgezog
schon sie, wie man aus dem Vorhergehenden sieht, auc
durch eine einzige dieser beiden Hypothesen beide Ar
Planeten in ihren geocentrischen Bewegungen hätten d
können. Ohne Zweifel aber trafen sie diese Wahl,
den beiden Halbmessern a und b immer den kleineren
Epicykel zu erhalten, oder um den kleinern Kreis
gröſsern, nicht umgekehrt, gehn zu lassen.

Aus dem Vorhergehenden folgt also, daſs man die
Ungleichheit der Planeten, deren eigentlicher Grund
Bewegung der Erde liegt, durch die Hypothese eines
kels vollkommen, in der geocentrischen Länge sowohl,
in der Distanz des Planeten von der Erde, darstellen ka

Nicht so verhält es sich aber mit der *ersten* Ungle
die von der elliptischen Bewegung der Planeten um die
kommt. Um dieses zu zeigen, sey in dem Dreiecke
wie zuvor,

$$TM' = a; \quad P'M' = b \text{ und } P'T = r,$$

so wie der Winkel

$$\Upsilon TM' = \alpha; \; \Upsilon M'P' = \beta \text{ und } P'T\Upsilon = \varphi,$$

so hat man nach den bekannten trigonometrischen Ausd
da der Winkel $M'TP' = \varphi - \alpha$ ist,

Digitized by Google

$$\text{Tang.}(\varphi-\alpha)=\frac{b\,\text{Sin.}(\alpha-\beta)}{a+b\,\text{Cos.}(\alpha-\beta)}$$

$$r^2=a^2+b^2+2ab\,\text{Cos.}(\alpha-\beta).$$

m diese beiden Gleichungen in Reihen auf, die nach Potenzen der Gröſse $\frac{b}{a}=E$ fortgehn, so erhält man

$$=E\,\text{Sin.}(\alpha-\beta)-\tfrac{1}{2}E^2\,\text{Sin.}2(\alpha-\beta)+\tfrac{1}{3}E^3\,\text{Sin.}3(\alpha-\beta)-\ldots$$

$$\frac{r}{a}=E\,\text{Cos.}(\alpha-\beta)-\tfrac{1}{2}E^2\,\text{Cos.}2(\alpha-\beta)+\tfrac{1}{3}E^3\,\text{Cos.}3(\alpha-\beta)-\ldots,$$

letzte Gleichung man auch so darstellen kann:

$$=1+E\,\text{Cos.}(\alpha-\beta)+\tfrac{1}{4}E^2(1-\text{Cos.}2(\alpha-\beta))$$
$$+\tfrac{1}{8}E^3(\text{Cos.}3(\alpha-\beta)-\text{Cos.}(\alpha-\beta))+\ldots$$

ht man nun diese epicyklischen Ausdrücke für $\varphi-\alpha$ $\frac{r}{a}$ mit denjenigen Reihen, welche für die elliptische g der Planeten statt haben[1], wo ε das Verhältniſs der tricität der Ellipse zur halben groſsen Axe und wo m die sogenannte mittlere und wahre Anomalie des Planezeichnen, so hat man für die Gleichung der Bahn

$$=\left(2\varepsilon-\frac{\varepsilon^3}{4}\right)\text{Sin.}\,m-\tfrac{5}{4}\varepsilon^2\,\text{Sin.}2m+\tfrac{13}{12}\varepsilon^3\,\text{Sin.}3m-\ldots.$$

den Radius Vector r den Ausdruck

$$\varepsilon\,\text{Cos.}\,m-\tfrac{1}{2}\varepsilon^2(\text{Cos.}2m-1)+\tfrac{3}{8}\varepsilon^3(\text{Cos.}3m-\text{Cos.}\,m)-\ldots.$$

Doppelwerthe von $\varphi-\alpha$ oder $m-\nu$ und von $\frac{r}{a}$ man auf den ersten Blick, daſs man durch einen Epicykel von en Gröſsen, der wahren Anomalie oder der wahren Länge Radius Vector des Planeten, wohl die eine, aber dann auch ehr die andere der Wahrheit gemäſs darstellen kann, dem sehr beschränkten Fall, daſs man schon bei der otenz der Excentricität der Ellipse stehn bleiben wollte. die Länge dargestellt werden, wenn man die Gröſse

---

[1] ergl. Art. *Mittlerer Planet*, Bd. VI. S. 2310.

$\frac{b}{a}$ oder E gleich 2ε ſetzt, aber dann kann die Entfer
dargeſtellt werden, weil dieſe den Ausdruck E =
nur halb ſo groſs als zuvor, fordert.

Dieſer Widerſpruch hätte die Alten leicht auf d
ihrer epicykliſchen Theorie führen können. Die V
des ſcheinbaren Durchmeſſers des Mondes nämlich
ſeinen verſchiedenen Entfernungen von der Erde ſo
ſie auch den unvollkommenen Beobachtungen der A
gut entgehn konnte. Dieſer Durchmeſſer iſt näml
Erdnähe $D = 2011'',08$ und in der Erdferne $D' =$
oder in Minuten ausgedrückt

$$D = 33',518 \text{ und } D' = 29',366.$$

Sind dann r und r′ die zu dieſen Durchmeſſern g
Entfernungen des Mondes von der Erde, ſo hat man, da
Durchmeſſer immer verkehrt wie die Entfernungen v

$$\frac{D}{D'} = \frac{r'}{r}.$$

Wenn man aber in den beiden für die epicykliſche
oben erhaltenen Gleichungen $\varphi - \alpha = m - \nu$, $\alpha - \beta$
$a = 1$ ſetzt, ſo erhält man

$$\nu - m = - E \text{ Sin. } m$$

und

$$r = 1 + E \text{ Cos. } m.$$

Von der erſten dieſer Gleichungen iſt das Differential

$$\frac{\partial \nu}{\partial m} = 1 - E \text{ Cos. } m,$$

alſo auch

$$\frac{\partial \nu}{\partial m} = \frac{1}{r},$$

oder ſo wie allgemein der ſcheinbare Durchmeſſer
verkehrt die Entfernung verhält, ſo verhält ſich auch
epicykliſchen Bewegung, die Geſchwindigkeit $\partial \nu$ des
wie dieſe Entfernung ſelbſt. Bezeichnet man alſo wie
zuvor, die Gröſsen r, ν und D für die Erdferne des
durch r′, ν' und D′, ſo hat man

$$\frac{\partial \nu}{\partial \nu'} = \frac{r'}{r},$$

oder da allgemein $\frac{r'}{r} = \frac{D}{D'}$ iſt,

Digitized by Google

$$\frac{\partial v}{\partial v'} = \frac{D}{D'}.$$

diese letzte Gleichung stimmt keineswegs mit den beob-stündlichen Bewegungen des Mondes in der Erdnähe ferne überein. Es ist nämlich $\partial v = 38{,}366$ und $= 29{,}447$ Minuten, also ist auch

$$\frac{\partial v}{\partial v'} = 1{,}3028,$$

die Division der beiden obigen Werthe von D und

$$\frac{D}{D'} = \frac{33{,}518}{29{,}366} = 1{,}1414.$$

cyklische Theorie der Bewegung des Mondes kann da-richtig seyn, da durch sie die stündlichen Ge-digkeiten dieses Satelliten in den verschiedenen Puncten Bahn nicht den Beobachtungen gemäſs dargestellt wer-Oder mit andern Worten: die wahren beobachteten Ge-digkeiten des Monds erscheinen uns nicht bloſs deswe-schieden, weil der Mond seine Entfernung von uns während dabei seine wahre Geschwindigkeit (wie die-der epicyklischen Hypothese der Fall ist) immer dieselbe sondern die Geschwindigkeit des Mondes ist *an sich* *veränderlich*, wie dieses z. B. der Fall seyn muſs, wenn in einer Ellipse bewegt.

wir also noch zu, ob diese Voraussetzung einer el-Bewegung jene Aenderungen der Geschwindigkeiten des besser darstellt. Nach dem Vorhergehenden haben diese elliptische Bewegung, wenn wieder $a = 1$ ist,

$$m - v = 2\varepsilon \,\text{Sin.}\, m$$

$$r = 1 + \varepsilon \,\text{Cos.}\, m$$

giebt das Differential der ersten Gleichung

$$\frac{\partial v}{\partial m} = 1 - 2\varepsilon \,\text{Cos.}\, m.$$

wenn man wieder die höhern Potenzen von ε ver-

$$\frac{1}{r} = 1 - \varepsilon \,\text{Cos.}\, m,$$

Digitized by Google

$$\frac{1}{r^2} = 1 - 2\varepsilon \,\text{Cos.}\, m$$

ist, so hat man auch

$$\frac{\partial v}{\partial m} = \frac{1}{r^2},$$

und somit

$$\frac{\partial v}{\partial v'} = \frac{r'^2}{r^2},$$

oder da wieder allgemein

$$\frac{r'}{r} = \frac{D}{D'}$$

ist, so erhält man für die elliptische Bewegung die (

$$\frac{\partial v}{\partial v'} = \frac{D^2}{D'^2}$$

und diese letzte Gleichung stimmt vollkommen mit angeführten beobachteten Halbmessern und Geschwi des Mondes in den beiden äuſsersten Puncten seiner B ein. In der That ist

$$\frac{\partial v}{\partial v'} = \frac{38{,}366}{29{,}447} = 1{,}3028$$

und

$$\frac{D^2}{D'^2} = \left(\frac{33{,}518}{29{,}366}\right)^2 = 1{,}3027,$$

wie die Beobachtungen ergeben.

In dem Vorhergehenden ist nun die erste Poten liptischen Bahn, aber auch nur ein einziger Epicykel in Be gezogen worden. Es ist daher noch die Frage übrig, diese Erscheinungen auf mehr als einen Epicykel soll, eine nicht eben überflüssige Frage, da schon griechischen Astronomen bald bemerkten, daſs sie bloſ nem Epicykel die Bewegungen der Planeten, besonder Mondes, keineswegs ihren Beobachtungen gemäſs konnten, und da ihre Nachfolger bis Tycho Brahe di dieser Epicykel immer vermehrten, so oft sie durch obachtungen wieder eine neue Ungleichheit des Monde den hätten.

Fig. 170. Sey demnach A a = a der Halbmesser des ersten od Kreises; a a′ = a′ der Halbmesser des ersten Epicykels, a der des zweiten, a″ a‴ = a‴ der des dritten Epicykels

Winkel, welche für denselben Augenblick diese Halb- unter einander bilden, seyen

$Aa a' = b'$; $a a' a'' = b''$; $a' a'' a''' = b'''$ u. s. w.

der Lage nach willkürliche, durch den Mittelpunct A des Kreises gehende Gerade bilde mit dem ersten Halb- $Aa = a$ den Winkel $BAa = b$. Endlich sey r die Entfernung des Mittelpuncts A von dem Mittelpuncte des letzten Epicykels, und φ der Winkel, den r mit AB, so wie $\varDelta$ den Winkel, den dasselbe r mit dem ersten Halbmesser a bildet, also auch $b = \varphi + \varDelta$.

Sind die Coordinaten $ac = y$; $a'c' = y'$; $a''c'' = y''$ u. s. w. senkrecht auf die feste Gerade AB, und ist $Ac = x$; $Ac' = x'$; $Ac'' = x''$ u. s. w., so erhält man, wie man sofort sieht, folgende einfache Gleichungen:

$$x = a \text{ Cos. } b$$
$$y = a \text{ Sin. } b$$
$$x' = x + a' \text{ Cos. } (b + b' - 2{,}90)$$
$$y' = y + a' \text{ Sin. } (b + b' - 2{,}90)$$
$$x'' = x' + a'' \text{ Cos. } (b + b' + b'' - 4{,}90)$$
$$y'' = y' + a'' \text{ Sin. } (b + b' + b'' - 4{,}90) \text{ u. s. w.,}$$

also überhaupt die beiden rechtwinkligen Coordinaten des letzten der Mittelpuncte a, a', a'' ... seyn werden:

$$X = a \text{ Cos. } b - a \text{ Cos. } (b + b') + a'' \text{ Cos. } (b + b' + b'') - a''' \text{ Cos. } (b + b' + b'' + b''') + \ldots$$

$$Y = a \text{ Sin. } b - a \text{ Sin. } (b + b') + a'' \text{ Sin. } (b + b' + b'') - a''' \text{ Sin. } (b + b' + b'' + b''') + \ldots$$

Sind aber auf diese Weise X und Y bekannt, so findet man φ und r sofort aus den folgenden Gleichungen:

$$\text{Tang. } \varphi = \frac{Y}{X},$$

$$\text{Tang. } \varDelta = \frac{Xy - Yx}{Xx + Yy} \text{ und}$$

$$r^2 = X^2 + Y^2.$$

Setzt man aber der Kürze wegen

$$\frac{a'}{a} = \alpha, \quad \frac{a''}{a} = \beta, \quad \frac{a'''}{a} = \gamma \ldots$$

und man aus der zweiten dieser Gleichungen, das heiſst, aus

$$\text{Tang. } \varDelta = \frac{\text{Tang. b} - \text{Tang. } \varphi}{1 + \text{Tang. b Tang. } \varphi},$$

wenn man in ihr den Werth von Tang. φ aus
Gleichung ſubſtituirt, den Ausdruck erhalten:

$$\text{Tang.} \varDelta = \frac{\alpha \text{ Sin. b}' - \beta \text{ Sin. (b}' + \text{b}'') + \gamma \text{ Sin. (b}' + \text{b}'' \ldots}{1 - \alpha \text{ Cos. b}' + \beta \text{ Cos. (b}' + \text{b}'') - \gamma \text{ Cos. (b}' + \text{b}'' \ldots}$$

Da es aber für viele Zwecke vortheilhafter ſeyn w
geſchloſſenen Ausdrücke in Reihen zu entwickeln,
den Potenzen der als klein vorausgeſetzten Gröſsen α
fortgehn, wo nämlich die auf einander folgenden
immer kleinere Halbmeſſer haben ſollen, ſo ſetzen w
um die folgenden Ausdrücke einfacher darſtellen zu k

$$2{,}90 - \text{b}' = \text{a};$$
$$4{,}90 - \text{b}' - \text{b}'' = \text{b};$$
$$6{,}90 - \text{b}' - \text{b}'' - \text{b}''' = \text{c};$$
$$8{,}90 - \text{b}' - \text{b}'' - \text{b}''' - \text{b}^{\text{IV}} = \text{d} \text{ u. s. w.}$$

wodurch der letzte Ausdruck für $\varDelta$ in den folgenden

$$\text{Tang. } \varDelta = \frac{\alpha \text{ Sin. a} + \beta \text{ Sin. b}' + \gamma \text{ Sin. c} + \delta \text{ Sin.} \ldots}{1 + \alpha \text{ Cos. a} + \beta \text{ Cos. b} + \gamma \text{ Cos. c} + \delta \text{ Cos.} \ldots}$$

Iſt aber e die Baſis der natürlichen Logarithmen
man der Abkürzung wegen

$$\varphi^{\text{a}} = e^{\text{a}\sqrt{-1}} + e^{-\text{a}\sqrt{-1}} \text{ und}$$
$$\psi^{\text{a}} = e^{\text{a}\sqrt{-1}} - e^{-\text{a}\sqrt{-1}},$$

ſo läſst ſich die letzte Gleichung auch ſo ſchreiben

$$\frac{e^{2\varDelta\sqrt{-1}} - 1}{e^{2\varDelta\sqrt{-1}} + 1} = \frac{\alpha\psi^{\text{a}} + \beta\psi^{\text{b}} + \gamma\psi^{\text{c}} + \ldots}{2 + \alpha\varphi^{\text{a}} + \beta\varphi^{\text{b}} + \gamma\varphi^{\text{c}} + \ldots}$$

woraus ſofort folgt

$$e^{2\varDelta\sqrt{-1}} = \frac{2 + \alpha(\varphi^{\text{a}} + \psi^{\text{a}}) + \beta(\varphi^{\text{b}} + \psi^{\text{b}}) + \gamma(\varphi^{\text{c}} + \ldots}{2 + \alpha(\varphi^{\text{a}} - \psi^{\text{a}}) + \beta(\varphi^{\text{b}} - \psi^{\text{b}}) + \gamma(\varphi^{\text{c}} - \ldots}$$

Stellt man aber in der letzten Gleichung die W
φ und ψ wieder her und nimmt man zu beiden S
Gleichheitszeichens die Logarithmen, ſo erhält man

$$2\varDelta\sqrt{-1} = \text{Log.}(1 + \alpha e^{\text{a}\sqrt{-1}} + \beta e^{\text{b}\sqrt{-1}} + \gamma e^{\text{c}\sqrt{-1}} \ldots$$
$$- \text{Log.}(1 + \alpha e^{-\text{a}\sqrt{-1}} + \beta e^{-\text{b}\sqrt{-1}} + \gamma e^{-\text{c}\sqrt{-1}} \ldots$$

Um dieſen Ausdruck noch weiter zu reduciren und
den imaginären Gröſsen zu befreien, bemerke man z.
Euler's Differentialrechnung, daſs in der Gleichung

$\frac{1}{}p+q+r+s+..) = A-\frac{1}{2}B+\frac{1}{3}C-\frac{1}{4}D+\frac{1}{5}E-..$
en A, B, C.. von den Gröſsen p, q, r.. auf fol-
Weiſe abhängen:

$$A-p=0;$$
$$B-Ap+2q=0;$$
$$C-Bp+Aq-3r=0;$$
$$D-Cp+Bq-Ar+4s=0 \text{ u. s. w.}$$

uirt man demnach für p, q, r.. unsere obigen Gröſsen
$; \beta e^{b\sqrt{-1}}; \gamma e^{c\sqrt{-1}}...$ und entwickelt man dann die
on A, B, C... so setze man

$$A-\frac{1}{2}B+\frac{1}{3}C-\frac{1}{4}D+...=S.$$

tuirt man ebenso für p, q, r.. die Gröſsen $\alpha e^{-a\sqrt{-1}}$,
$^{1}, \gamma e^{-c\sqrt{-1}}$.. und setzt ebenso

$$A-\frac{1}{2}B+\frac{1}{3}C-\frac{1}{4}D+..=S',$$

man

$$\varDelta = \frac{S-S'}{2\sqrt{-1}},$$

n also, wenn man die angezeigten Entwickelungen in
usführt, den folgenden Ausdruck erhält, der uns die
röſse $\varDelta$ oder die Gleichung der Bahn des Planeten[1]
bekannten Gröſsen α, β, γ.. und a, b, c.. giebt:

a. a

$.b-\frac{1}{2}\alpha^2 \text{Sin.} 2a]$

$c-\frac{1}{2}.2\alpha\beta \text{Sin.}(a+b)+\frac{1}{3}\alpha^3 \text{Sin.} 3a]$

$d-\frac{1}{2}.2\alpha\gamma \text{Sin.}(a+c)+\beta^2 \text{Sin.} 2b+\frac{1}{3}.3\alpha^2\beta \text{Sin.}(2a+b)$
$-\frac{1}{4}\alpha^4 \text{Sin.} 4a]$

. w.

eser Reihe ist das Gesetz des Fortgangs der Glieder
r. So wird z. B. das nächstfolgende fünfte Glied

$.e-\frac{1}{2}(2\alpha\delta \text{Sin.}(a+d)+2\beta\gamma \text{Sin.}(b+c))$
$(3\alpha^2\gamma \text{Sin.}(2a+c)+3\alpha\beta^2 \text{Sin.}(a+2b))$
$-\frac{1}{4}.4\alpha^3\beta \text{Sin.}(3a+b)+\frac{1}{5}\alpha^5 \text{Sin.} 5a].$

lfe des letzten Ausdrucks wird man nun leicht die
ler Planeten in der Ellipse, ihrer Länge oder ihrer
von der Sonne nach, so genau, als man will, dar-
en, obschon es, wie wir gesehn haben, unmöglich

Art. *Mittlerer Planet* a. a. O.

Digitized by Google

ist, sie *zugleich*, in Beziehung auf Länge und Entfe
der wahren elliptischen Bewegung übereinstimmend z

Nehmen wir der Kürze wegen an, daſs die Um
der Mittelpuncte aller Epicykeln unter einander gleich
derselben mit der anomalistischen Revolution des
identisch sey, so daſs nur noch die Bestimmung der
denen Halbmesser der Epicykeln übrig bleibe. U
Voraussetzung erhält man, wenn m die mittlere An
Planeten bezeichnet,

$$b' = b'' = b''' .. = . 180 - m$$

$$\text{und } a = \tfrac{1}{2} b = \tfrac{1}{3} c = \tfrac{1}{4} d \,.. = m.$$

Substituirt man aber diese Werthe in den oben a
Ausdrücken von Tang. $\varDelta$ und $\varDelta$, so erhält man

$$\text{Tang.}\, \varDelta = \frac{\alpha \,\text{Sin.}\, m + \beta \,\text{Sin.}\, 2m + \gamma \,\text{Sin.}\, 3m + \delta \,\text{Sin}}{1 + \alpha \,\text{Cos.}\, m + \beta \,\text{Cos.}\, 2m + \gamma \,\text{Cos.}\, 3m + }$$

und ebenso[1]

$$\varDelta = A \,\text{Sin.}\, m - \tfrac{1}{2} B \,\text{Sin.}\, 2m + \tfrac{1}{3} C \,\text{Sin.}\, 3m - \tfrac{1}{4} D \,\text{Sin.}$$

wo man zur Bestimmung der Gröſsen A; B; C . . .
drücke hat:

$$\begin{aligned} A - \alpha &= 0; \\ B - A\alpha + 2\beta &= 0; \\ C - B\alpha + A\beta - 3\gamma &= 0; \\ D - C\alpha + B\beta - A\gamma + 4\delta &= 0 \text{ u.} \end{aligned}$$

Da aber die elliptische Gleichung des Mittelpuncts,
Vorhergehenden, durch den Ausdruck gegeben ist:

$$\varDelta = m - \nu = (2\varepsilon - \tfrac{1}{4}\varepsilon^3 + \tfrac{5}{96}\varepsilon^5 + \ldots)$$
$$- (\tfrac{5}{4}\varepsilon^2 - \tfrac{11}{24}\varepsilon^4)\,\text{Sin.}\, 2m + \ldots,$$

so darf man nur noch in den beiden letzten Ausdrüc
die Factoren von Sin. m; Sin. 2 m; Sin. 3 m . . . unter
setzen, um daraus die gesuchten Werthe der versch
einander folgenden Halbmesser der Epicykel zu find
man z. B. bis zur vierten Potenz von ε fort, so f
wenn der Halbmesser A a = a des ersten Kreises
Zeichnung gleich der Einheit angenommen wird, für
messer des

1 Vergl. Art. *Umlaufszeiten.* B. IX. S. 1214.

Digitized by Google

ersten Epicykels $\alpha = 2\varepsilon - \frac{1}{4}\varepsilon^3$;
zweiten — $\beta = \frac{3}{4}\varepsilon^2 - \frac{1}{24}\varepsilon^4$;
dritten — $\gamma = -\frac{1}{12}\varepsilon^3$;
vierten — $\delta = \frac{1}{24}\varepsilon^4$;

...negative Werth von γ andeutet, daſs die Bewegung in ...e des dritten Epicykels eine den Bewegungen der ...entgegengesetzte Richtung haben wird. Auf diese Weise ...also allerdings durch mehrere gehörig gewählte Epi... elliptische Bewegung der Planeten in ihrer *heliocen*... *Länge*, aber keineswegs auch zugleich in ihrer rich... ...fernung von der Sonne darstellen, und die groſsen ...ngen des scheinbaren Durchmessers des Mondes hätten ...e wir bereits oben bemerkt haben, hinreichen sollen, ...zu zeigen, daſs sie durch ihre Kreise, so viele der... ...auch über einander errichten wollten, die wahren Himmelskörper *nicht* darstellen können, oder mit an...ten, daſs ihre Hypothese einer gleichförmigen Bewe... Planeten in Kreisen unstatthaft sey, indem die Ge...keit derselben keineswegs constant, wie sie die Na...nisses erfordert, sondern vielmehr eine wirklich, nicht ...bar veränderliche Geschwindigkeit ist.

D. Tycho's System.

...as das Copernicanische Weltsystem im Jahre 1543 ...d obschon dadurch, da dieses System von jedem ...sofort für das einzige wahre erkannt werden muſste, ... Hypothesen über diesen Gegenstand geschlossen ..., so trat doch noch, beinahe ein halbes Jahrhun... ein anderer, und zwar einer der ausgezeichnetsten ...mit einem neuen Weltsystem auf, dem es auch nicht ...an fehlte, bis endlich die Wahrheit auch hier sich ...gebrochen und für immer gesichert hatte. Tycho ... ist der Erfinder dieses nach ihm benannten Sy... ihm ist, wie in den beiden andern erwähnten Sy- Fig. 171. ...e Erde T in Ruhe; um sie bewegt sich zunächst ...☾ und in einer gröſsern Entfernung die Sonne S

...undi aetherei recentioribus phaenomenis. Uranib. 1588.

in Kreisen, deren Mittelpunct T ist. Die übrigen
neten bewegen sich ebenfalls in Kreisen, deren M
aber nicht mehr die ruhende Erde, sondern die selb
Erde bewegte Sonne S ist. Mercur und Venus besch
die Sonne kleinere Kreise, als der Sonnenkreis selbs
daſs sie sich also von der Sonne, aus der Erde ge
weit entfernen und zuweilen zwischen ihr und der E
gehn können, wie dieses den Beobachtungen gemäſs
andern Planeten aber beschreiben durchaus so groſse
die Sonne, daſs sie die Erde sammt dem Monde in
nern einschlieſsen, daher diese Planeten, ebenfalls
achtungen gemäſs, sich um die ganze Hälfte des Hi
der Erde gesehn, von der Sonne entfernen und ihr
gegenüberstehn oder mit ihr in Opposition treten kö
bei den zwei ersten Planeten nicht möglich ist. Au
ren Verhältnisse der Halbmesser dieser Kreise ist in
in den anderen Figuren nicht gesehn worden, um de
Raum für die Zeichnungen zu sparen.

Tycho spricht bei der Bekanntmachung seine
in dem angeführten Werke, so wie auch später[1] v
nicus und dessen System mit groſser Achtung und
gröſsere Einfachheit desselben willig an. Nur sey,
zusetzt, das Zeugniſs der h. Schrift ein unüberwindl
derniſs, um dieses von Copernicus aufgestellte Sy
nehmen. Viel Scharfsinn ist übrigens auf dieses T
System nicht verwendet worden. Da Copernicus
ausgegangen war, so konnte es nicht schwer seyn
dort einige Aenderungen anzubringen, auch muſs
pernicanische System, wenn man nur die Bewegung
daraus wegnimmt, sofort in das Tychonische überge
lich war es auch die Zeit, in welcher die neuen V
wie die Pilze in einer schwülen Sommernacht ebe
entstanden, als sie wieder untergingen. Fracast
mund Ursus, und wer sonst sich ein Astronom
rühmte, muſste auch, der Sitte jener Zeit gemäſs,
Weltsystem aufstellen. Auch Tycho, dem es nie
reellen Verdiensten als Beobachter, aber auch nicht
sehr weit getriebenen Sucht zu glänzen fehlte, we

1 In Astron. instaur. progymnas. Uranib. et Pragae 1

...gewissen nicht zurückbleiben, und sich wenigstens ...eil des Ehrenkranzes zueignen, der auf der Büste sei... ...en Vorgängers strahlte. Seine Widerlegungen des ...ischen Systems sind übrigens ebenso schwach, als ...theidigung seiner eigenen Hypothese ist, die gleich ...e andern der verdienten Vergessenheit übergeben ... sie der bereits geoffenbarten, anerkannten Wahrheit, ...es Buches, sondern des allgemeinen gesunden Men...standes, widerstrebte, und da sie gröſstentheils nicht ...wissenschaftlichen Bestrebungen, sondern aus Selbst... ...d Privatinteresse hervorgegangen ist. *Opinionum ...delet dies: judicia naturae autem confirmat.* Wenn ...durch dieses System die Ungleichheiten, welche aus ...ren Bewegung der Erde folgen, nooh zur Noth ei... ...darstellen konnte, so verwickelte man sich doch ... *Mangel* der täglichen Bewegung der Erde in die ...nd ganz unzulässigen Schwierigkeiten. Da Tycho ...tägliche Bewegung der Erde leugnete und sie durch...soluter Ruhe annehmen wollte, so muſste er, die ...n der Planeten den Beobachtungen gemäſs darzustel...len nicht in Kreisen, wie vorhin gesagt wurde, son...r complicirten Schraubengängen um die Erde füh... ...weder er, noch irgend einer seiner vielen Anhänger ...wagt, über die äuſserst zusammengesetzte Bewegung ...e in solchen krummen Linien etwas Näheres fest... Sie fanden es vortheilhafter, diese tägliche Be... ...*Erde*, die eigentliche schwache Seite ihres Systems, ...weigen zu übergehn.

...ssen dieses System, so schlecht begründet es auch ...nschaftlicher Beziehung war, Vortheile anderer ...haffen und eine damals sehr mächtige Parthei auf ...zu ziehn wuſste so konnte es ihm lange Zeit ...ht an Anhängern fehlen. Die Astronomen des ...underts selbst theilten sich in *Copernicaner* und ...und unter den letzten suchten besonders Dechales, ...sche Arzt Morin, der Capuziner Rheita und der ...oli als Vorkämpfer für die von ihnen als heilig ...ache ihren Copernicanischen Gegnern wenn nicht ...schaftliche Belehrung, so doch Verdruſs und Ver...reiten. Longomontus, der berühmteste unter

Tycho's Schülern, pflichtete zwar auch seinen Lehren er entfernte sich auch wieder von ihm, indem er[1] sich täglichen Bewegung der Erde um ihre Axe bekann Neuerung, die von den Tychonianern als eine Unbil dadurch ihrem groſsen Meister angethan werden sollte, verworfen wurde, obschon sie eigentlich das einzig war, ihr falsches System wenigstens einige Zeit noch Wasser zu erhalten. Der pomphafte Titel, unter wel cho in dem ersten der oben erwähnten Werke ankü folgender: *Nova mundani systematis hypothesis a nuper adinventa, quâ tum vetus illa ptolemaica red et inconcinnitas, tum etiam recens copernicana in rae physica absurditas excluduntur, omniaque coelestibus aptissime correspondent.*

E. Copernicanisches System.

Nach diesem jetzt allgemein als das einzig richt
Fig. kannten Planetensystem ruht die Sonne S im Mittelp
172. concentrischen Kreise, in welchen sich nach der in d nung angegebenen Ordnung Mercur, Venus, Erde, M piter und Saturn bewegen, während zugleich jeder neten, so wie die Erde, sich in einem seiner Tage um gene Axe dreht.

Durch die Drehung der Erde um ihre Axe gen Ost wird der tägliche Umschwung des Himmels seinen Gestirnen, der scheinbar von Ost gen We geht, und durch die jährliche Bewegung der Erde um werden die scheinbaren Retrogradationen und Still Planeten auf eine sehr einfache und überzeugende klärt, wie dieses bereits oben[2] gezeigt worden ist System unterscheidet sich also von allen vorhergehe züglich dadurch, daſs in ihm die Erde nicht mehr hender Körper, sondern selbst als ein Planet betrachtet wie alle andere Planeten, um die Sonne geht und sic um seine eigene Axe dreht.

Die alten Griechen hatten bereits diese Ansicht Bewegung der Erde aufgestellt, und Copernicus ge

---

1 Astron. Danica. Amst. 1622.

2 S. Art. *Stillstand*. Bd. VIII. S. 1056.

Digitized by Google

laſs er durch die hierher gehörenden Stellen in den uns Griechen hinterlassenen Schriften zuerst aufmerksam worden sey, diese Bewegung näher zu untersuchen. rus[1] schreibt die Lehre von der Bewegung der Erde goriern zu, Plutarch[2] legt dem Herakleides von dem Ecphantus und dem Seleucus von Erythräa ng bei, daſs die Erde sich täglich um ihre Axe drehe, se Männer aber vielleicht die jährliche Bewegung der angenommen haben. So sagt auch Cicero[3] von Nicetas ts: *Nicetas Syracusius, ut ait Theophrastus, coe-* m, *lunam, stellas, supera denique omnia stare cen- praeter terram rem ullam in mundo moveri, quae axem se summa celeritate convertat et torqueat, ti omnia, quasi stante terra coelum moveretur;* so wie es scheint, Nicetas bloſs die tägliche Drehung m ihre Axe, nicht aber auch die jährliche Bewegung um die Sonne richtig erkannt habe. Diesen Um- de um die Sonne haben aber, wie Diogenes Laer- Plutarch erzählen, sowohl Philolaus von Cro- auch Archytas von Tarent und Timaeus von bri. Archimedes sagt in seiner Schrift *de Arenae* sehr ausdrücklichen Worten, daſs Aristarch die n einem Kreise, in dessen Mittelpuncte die Sonne bewegen läſst. Diese Meinung soll auch, wie erzählt, Plato in seinen spätern Jahren angenom- öfter bedauert haben, daſs er in seinen frühern Erde eine ganz unangemessene Stelle in der Mitte angewiesen habe, wobei sich Plutarch auf das ugniſs des Theophrast beruft, der eine, leider gekommene, Geschichte der Astronomie geschrie- Nach dem Berichte Plutarch's soll Philolaus, st schätzbare Bücher über die Physik Plato um men angekauft hat, gelehrt haben, daſs das Feuer) im Mittelpuncte des Weltalls ruhe und daſs s Feuer die Erde drehe, und Aristoteles setzt derselbe Philolaus die jährliche Bewegung der

lo Lib. II. Cap. 13.
itis Philosophorum. Lib. III. Cap. 13 u. 17.
acad. Lib. IV. Cap. 39.

Erde um die Sonne und zugleich die tägliche Beweg
selben um sich selbst angenommen hat. Boulliaud
J. 1645 ein groſses astronomisches Werk herausgab,
her den Philolaus für den eigentlichen Begründer d
nicanischen Systems, daher er sein Werk, in welche
ses System vorträgt, *Astronomia Philolaica* betitelte
diese und mehrere andere Stellen der Alten waren
sinnreiche, aber doch nur auf gut Glück hingeworfen
keine Beweise und vor allem durch keine Rechnung
stützte Meinungen, daher sie auch nur zu bald wied
sen wurden. Es ging mit ihnen, wie es mit der
Seneca's[1] und mit den vielen andern Stellen über
hung der Sonne u. s. w. gegangen ist, welche die
geahnet, aber eben nur vermuthet, nicht bewiesen h
die daher auch im Strome der Zeit verloren gegangen
weiter eine Spur hinter sich zurückzulassen.

Merkwürdig mag es indeſs erscheinen, daſs die
ten, deren liberale Ansichten von den Neuern so of
werden, die Lehre von der Bewegung der Erde auch
von der religiösen Seite angegriffen und ihr selbst
gen zugezogen haben. Aristoteles[2] vertheidigt die
der absoluten Ruhe der Erde mit vielen, obgleich se
chen Gründen, und beschuldigt die Pythagoräer, d
Erscheinungen der Natur nach ihren Hypothesen dr
diese Hypothesen jenen Erscheinungen anzupasse
dreiste und auf nichts gegründete Behauptung des gr
losophen hat bei der groſsen Verehrung, die demsel
Folgezeit zu Theil wurde, der guten Sache sehr ge
es im Mittelalter auf mehrern Universitäten Sitte war
rer derselben beim Antritte ihres Amtes einen Eid
lassen, daſs sie ihren Zuhörern nichts vortragen wü
mit den Lehren des Stagiriten nicht im vollen Einkl
und da selbst das Cardinalcollegium zu Rom, als
wegen des neuen Systems lebhafter wurde, die
Aristoteles, in welchen er die Bewegung der Er
legen wollte, in seinen besondern Schutz genom
Man hat diese neue Art von Beschützung der s

1 Quaest. natur. Lib. VII. Cap. 13.
2 De Coelo. Lib. I et II.

t mit Recht übel genommen, aber man hätte dabei
as bemerken sollen, daſs sie keineswegs neu, sondern
schon sehr alt sey. Nach PLUTARCH[1] muſs schon
lten Griechen die Bewegung der Erde als ein ketzeri-
satz betrachtet worden seyn, da sie von dem Stoiker
s sagten, daſs er der Gottlosigkeit oder Unfröm-
(ἀσεβείας) angeklagt werden soll, weil er die Festig-
Erde nicht glauben will (ὡς κινοῦν τοῦ κόσμου τὴν
Auch COPERNICUS scheint Aehnliches besorgt zu ha-
er seine Entdeckungen so spät erst bekannt machte,
man nach dem Schicksal, welches GALILEI erlitt,
darf, so mag er mit seiner Zurückhaltung sehr wohl
en.

AUS COPERNICUS (KÖPERNIK) ward am 19. Februar
r Stadt Thorn geboren, und starb am 24. Mai 1543,
ein unsterbliches Werk, *De orbium coelestium re-
u Libri VI*, zu Nürnberg die Presse völlig verlassen
studirte die Medicin an der Universität zu Krakau,
zum Doctor creirt worden ist. In seinem 23sten
te er eine Reise nach Italien, wo er sich bei Do-
ITA, dem Astronomen zu Bologna, längere Zeit auf-
o sein Sinn für Astronomie erwachte. In Rom,
. 1500 einige Beobachtungen machte, wurde er zum
r Mathematik ernannt. Sein Onkel, Bischof von
verschaffte ihm später ein Canonicat an seiner
zu Frauenberg am Ausfluſs der Weichsel, und in
n Stadt war es, wo sich COPERNICUS ganz seiner
senschaft hingab. PURBACH und REGIOMONTAN
in seine Muster; der Bischof aber, sein Onkel
hieſs LUCAS WEISSELRODT und war der Bruder
tter des COPERNICUS. Sein Leben ist von GAS-
n den neuern Zeiten von LICHTENBERG[2] beschrie-

nen astronomischen Studien fiel ihm besonders der
f, daſs in dem epicyklischen Systeme des PTOLE-
hes damals noch als das einzig wahre galt, die Be-
Planeten um einen bloſs eingebildeten Punct, den

cie in orbe Lunae.
n vermischte Schriften. Bd. VI. S. 1.

Mittelpunct des Epicykels, statt haben sollte. Wen
Mittelpunct in der Peripherie des groſsen Kreises d
Kraft der in der Mitte dieses Kreises ruhenden Erd
wird, durch was soll dann der Planet selbst in der P
des kleinern Kreises, dessen Mittelpunct ganz leer ist,
wegung gesetzt werden?

Von diesem Zweifel beunruhigt wandte er sich
damals in hohem Ansehn stehenden Werke des Ma
Capella, eines Schriftstellers des fünften Jahrhunderts,
dem Werke des alten Griechen Apollonius von Pe
nahe 200 Jahre vor Chr. Geb. in Alexandrien lebte u
sen sehr sinnreiche Schriften über die Kegelschnitte
theils wenigstens auf uns gekommen sind. Marcia
pella war ein Anhänger des oben erwähnten ägyptis
stems, nach welchem die Sonne und die drei obern Pl
Kreisen um die ruhende Erde gehn, während die zw
Planeten die Sonne auf ihrer Bahn umkreisen. Dies
nung hatte bald seinen Beifall gewonnen, aber Ar
ging noch weiter, indem er alle Planeten um die
Kreisen gehn lieſs, während die Sonne selbst wiede
im Mittelpunct des Himmels ruhende Erde sich bewe
che letzte Darstellung ganz mit dem Tychonischen
übereinstimmt, wie auch schon Gassendi in der B
des Copernicus bemerkt hat. Diese Aenderung de
schen Systems konnte einem so reinen Geiste nicht
sehr gefallen, nur fand er es noch sonderbar, daſs di
die doch der Mittelpunct aller Planetenbahnen ist, n
zugleich der Mittelpunct des Himmels seyn, sondern di
mehr der Erde abtreten sollte. Es schien ihm schw
nehmen, daſs diese Sonne, welche durch ihre Macht
neten um sich führen und die daher ein sehr groſser u
tiger Körper seyn müsse, doch nicht nur jährlich um
leicht viel kleinere Erde von West gen Ost, sond
noch überdieſs an jedem Tage von Ost gen West d
ganzen Himmel sich bewegen sollte. Die Schriften d
seine Lieblingslectüre, zeigten ihm bald, daſs mehrere
nen nicht angestanden haben, diese Sache ganz u
ren, und nicht die Sonne um die Erde, sondern
um die Sonne sich bewegen lieſsen. Er ahmte als
Beispiele nach und versuchte es, die Erscheinungen d

unter der Voraussetzung zu erklären, daſs die Sonne und die Erde sammt allen Planeten sich um sie gleich um ihre eigene Axe bewegen, und er be- zu seiner nicht geringen Freude, daſs diese an einfach und natürlich scheinende Darstellung jene Er- des Himmels auf eine sehr genügende Weise er-

im J. 1507, in seinem 35sten Lebensjahre, hatte Entdeckung gemacht, die seinen Namen auf die fern- bringen sollte, aber er wollte sie nicht eher mit- bis er die Wahrheit derselben nach allen Seiten er- würde. Sein Vorsatz war, jeden Planeten einzeln genaueste in seinen Bewegungen zu prüfen und von Tafeln zu construiren, die jene von Ptolemäus Alphons an Genauigkeit weit übertreffen sollten. Zwecke lieſs er sich mehrere von den Instrumenten, Ptolemäus beschrieben fand, und einen groſsen verfertigen, beobachtete damit durch mehrere Jahre berechnete die auf diese Beobachtungen gegründe- Tafeln, und vollendete endlich sein groſses Werk Aber auch jetzt noch zögerte er mit der Heraus- und noch 13 andere Jahre muſsten verflieſsen, endlich entschloſs, seine Entdeckungen der Mit- bekannt zu machen. Der Cardinal von Schom- zu Padua, ersuchte ihn im J. 1536 schriftlich theilung seiner Schriften, und Georg Rhaeticus Professur der Mathematik in Wittenberg auf, um Copernicus nach Frauenberg zu begeben und ihm bung seines Werkes behülflich zu seyn. Endlich dasselbe unter dem bereits oben angeführten Titel zu Jahre 1543 in Folio, mit einer Zueignungsschrift Paul III. Er stellte in diesem Werke sein System Hypothese dar, wodurch man die Erscheinungen auf eine einfachere Weise, als bisher, darstellen aus dem Buche selbst sieht man deutlich, daſs diese Hypothese mit innerer Ueberzeugung als wahre und mögliche erkannt habe. Von der Wir- Sätze bei den Lesern konnte er nicht Zeuge seyn, plötzlich durch einen Blutsturz geendet wurde, Mai 1543, noch bevor er die ersten Aushän-

Digitized by Google

gebogen seines Werkes aus Nürnberg erhalten h
wurde in der Kirche zu Frauenberg begraben. S
aber wurde noch einmal durch Rhaeticus in Basel
später 1617 in Amsterdam aufgelegt. Seine Beobach
schienen im J. 1666 mit denen des Tycho. In Krak
sollen noch Manuscripte von seiner Hand aufbew
Die ersten nach diesem Systeme berechneten Tafeln
mus Reinhold[1], Professor zu Wittenberg, heraus.

Das Copernicanische System fand, wie alle neu
heiten, nur sehr langsamen Eingang bei den Ze
Aufser den beiden schon genannten Gelehrten, Rhae
Reinhold, können wir nur noch Christoph Roth
Möstlin, den Lehrer Kepler's, der auch Galil
neuen Systeme bewogen haben soll, als die eigentl
pernicaner des 16ten Jahrhunderts nennen. Ja selbst
trug nur das Ptolemäische System vor. Die Ursac
lauen Aufnahme waren, nebst der gewohnten Anh
an alles Alte und der Scheu vor allem unbequem
die Schwierigkeit, sich über den äufsern Schein
und von tief eingewurzelten Vorurtheilen zu befreie
lich aber die Besorgnifs, sich seinen eigenen Feinde
stellen, wenn man sich den Machtsprüchen der Sch
Autorität der damals sehr mächtigen Kirche widerset
che beide die Unbeweglichkeit der Erde aus den V
Aristoteles und aus einigen Stellen des alten Tes
einen Lehrsatz aufgestellt hatten, an dem zu zweif
höchst strafbar erklärten.

Wenn er aber auch von seinen Zeitgenossen
kannt wurde, die Nachwelt ehrt ihn als den eigent
gründer der wahren Astronomie und zugleich als e
von seltener Umsicht und Charakterstärke. Er hat
in dem grofsen Kampfe, welchen der Irrthum, mit
des sinnlichen Scheins und durch die äufsere Auto
stützt, gegen zwei volle Jahrtausende mit der Wahrhe
durch einen entscheidenden Schlag den Sieg auf die
ser Wahrheit, und zwar für immerwährende Zeiten,
zu haben, da es fortan, wo diese Wahrheit einmal

1 Tabulae Prutenicae. Witemb. 1551.
2 Epitome Astronomiae. Heidelb. 1582.

Digitized by Google

.. Unverstande überlassen bleibt, daran ändern oder an ..ichtigkeit zweifeln zu wollen. Das System seines gro..chischen Vorgängers mit seinem künstlichen epicykli.. Gerüste war eins der sonderbarsten und complicirtesten, ..als ausgedacht wurde, ein Gewebe von Scharſinn, ..igkeit und Verblendung, von Wahrheit und Falsch..keit, .. dem sich der menschliche Geist, einmal darin ver.. kaum mehr herauswinden konnte. Zwar regte sich die .. der reinen Wahrheit zuweilen gegen dieses sinnlose .., aber sie war zu schwach, in dem allgemeinen Ge.. vernommen zu werden. Sie wurde von der groſsen ..t, die kaum von Allgemeinheit unterschieden war, über.. so oft sie sich in dem sie von allen Seiten umgeben.. ..icht Bahn zu machen suchte. Auf diese Weise be.. .. sich nach und nach ein systematischer Irrthum des ..en Theils der Naturlehre, und befestigte sich auf sei..pirten Thron, nicht nur durch das Ansehn des Alter.. ..ondern auch sogar noch durch eine Art von religiöser .. Es gehörte ein reiner, starker, charaktervoller Geist ..mitten aller dieser Hindernisse die Wahrheit zu er.. ..sie festzuhalten und ihr endlich auch bei anderen die ..e Aufnahme zu sichern, die sie so lange schon ent..mißte.

..Erste, der zu der allgemeinern Annahme des neuen ..auſser seinem Entdecker, beitrug, war Galilaeus .. der im J. 1564, einundzwanzig Jahre nach dem Copernicus, geboren wurde und im hohen Alter ... Das neuerfundene Fernrohr in den Händen Gali..te die Phasen Mercurs und der Venus, die Jupiters.. die Aehnlichkeit des Mondes mit der Erde, die Um..er Sonne durch die Beobachtung ihrer Flecken u. s. w. ..urde nun Jedermann klar, daſs Mercur und Venus in ..um die Sonne laufen; daſs alle Planeten an sich ..er von der Sonne beleuchtete Körper sind; daſs sich ..körper, also auch wohl unsere Erde, um ihre Axen ..nen; daſs die Erde mit ihrem Monde sich in völlig ..Fall, wie Jupiter mit seinen Satelliten, befinde, und ..Sonne, als der einzig leuchtende und bei weitem ..rper, der vornehmste, der Centralkörper des ganzen ..eyn müsse. Dazu kam noch, daſs Galilei die

bisher ganz dunkle Lehre von der Bewegung und v
freien Falle der Körper in ihr gehöriges Licht geset
dadurch gleichsam sich zu dem Gründer der Mechanik, ei
Alten ganz unbekannten Wissenschaft, gemacht hat.
gab ihm Gelegenheit, die Schwäche der Aristotelisc
hauptungen und die groſsen Irrthümer der Scholastiker
gen, und dadurch nicht nur sich selbst, sondern au
Zeitgenossen von den Vorurtheilen zu befreien, we
Vorgänger so lange gefesselt hatten. Besonders aber n
Galilei des Copernicanischen Systems eifrig an, al
erster Verfechter er bald anerkannt wurde. Allein ebe
erhoben sich auch seine Gegner, die nun erst und d
selbst die Wichtigkeit des Streites kennen lernten, de
ihre bisherigen unbestrittenen Rechte und Vortheile zu
drohte. Da man aber mit Vernunftgründen gegen
nichts ausrichten konnte, indem dieser alle Gründe d
schon auf seine eigne Seite gebracht hatte, so suchte
die Waffen der Autorität und der äuſsern Macht gege
Bewegung zu setzen. Auf diese Weise kam es, daſs
Büchercensur verordnete Congregation der Cardinäle zu
J. 1615 (72 Jahre nach dem Tode des Copernicus)
Weltsystem als schriftwidrig und ketzerisch erklärte,
Stellen des Copernicanischen Werks, welche jenes Sy
Thatsache darstellten, verdammt und zugleich auch d
selben Systeme huldigenden Schriften des Foscarini
wurden. Galilei selbst, dessen Entdeckungen und
ige schriftliche Aeuſserungen dem neuen Systeme ebenf
pflichten schienen, ward noch in demselben Jahre n
vorgeladen und konnte nur durch die Erklärung, daſs
den alten Lehren bleiben wolle, der ihm drohenden
entgehen. Allein es war ihm nicht gegeben, die einm
kannte Wahrheit lange zu verleugnen. Siebenzehn Ja
ter erschienen seine Dialogen[1], die denn auch bald in
teinischen Uebersetzung des Matthias Bernegger[2] au
len verbreitet und allgemein gelesen wurden.
glaubte recht fein und vorsichtig zu handeln, als e

1 Florenz 1632. 4.

2 Galilaei Galilaei Lyncei, Academiae Pisanae Mathem
Systema cosmicum. Lugd. 1741. 4.

a zu diesem Werke erklärte: „da man im Auslande und selbst geschrieben hat, daſs die Verurtheilung des Systems von einem Tribunal ausgegangen sey, welches ände dieses Systems gar nicht kenne, so wolle er im heile hier zeigen, daſs die italienischen Gelehrten mit Gründen ganz ebenso gut bekannt wären, als die aus-ten." Diese *Dialogen* und eine andere anonyme waren die zwei ersten namhaften Vertheidigungen des ystems.

groſse Wirkung dieser Schrift des Galilei und das e, welches sie über die Gegner des neuen Systems t, war Ursache, daſs er schon im Jahre 1632, in jene Schrift erschien, vor das Tribunal der Inquisi-ion berufen wurde. Gegen die Proceduren, die man ihn einleitete, konnte ihn sein Landesherr und Gön-Groſsherzog von Toscana, nicht schützen. Nachdem fast ein Jahr lang mit übrigens leidlichem Gefäng-r Wohnung des französischen Gesandten zu Rom hatte, wurde er am 20. Junius 1633 vor das Tri-t und zu einem förmlichen Widerruf seiner bishe-e Systeme betreffenden Lehren gezwungen. Hierauf m lebenslänglichem Gefängniſs verurtheilt, welches schon im folgenden Jahre in eine bloſse Beschrän-s Aufenthalts auf das florentinische Gebiet verwan-lbst er auch bis an seinen Tod auf seinem Land-i sich aufhielt, hochgeachtet von Allen, die ihn nd in steter Umgebung von seinen Schülern und die von ihm zu lernen und ihm die letzten Jahre mkeit, die er ohne Augenlicht verleben muſste, Liebe und Anhänglichkeit zu erheitern suchten. aphie ist von P. Frisi[2] und von M. Fabroni[3] den[4].

hen erhoben sich zu derselben Zeit überall heftige

---

tiqua SS. Patrum et Theologorum doctrina. Aug. Vindel.

d 1778.

es hommes célèbres d'Italie.

eschichte seines Processes vor der Inquisition findet man magestum novum. Vol. II. L. 9. und in der französi-ift *Mercur* von 17. Juli 1784 und 8. Januar 1785.

Streitigkeiten. Morin, Professor der Mathematik a
Collegium zu Paris, dem man die glückliche Idee, d
rohr an die astronomischen Meſsinstrumente anzubring
dankt, hatte den unglücklichen Einfall, in einer S
Gegner des Copernicus aufzutreten; Gassendi[1] wider
aber siegreich. Auch das Collegium der Sorbonne zu P
aus Jesuiten bestand, war schon im Begriffe, zur Na
der römischen Handlungsweise das neue System an
eigenes Tribunal zu ziehn, wurde aber durch ein
volles Mitglied derselben an der Ausführung ihres
gehindert. In den Niederlanden erhob sich Fromon
wen gegen Copernicus, der aber wieder von Lans
theidigt wurde. Die zwei bedeutendsten Gegner d
Systems waren Tycho Brahe, der sein eigenes auf d
mern von jenem erbauen wollte, und der Jesuit Ric
in zwei starken Foliobänden (*Almagestum novum*) g
pernicus auftrat. Von den Einwürfen dieser beid
wird weiter unten die Rede seyn. Unter den durch
thätigen Freunden des neuen Systems erschienen Bo
(gest. 1694), Lipstorp[3], Wilkins[4] und Zimmerma
sich besonders über die Stellen der h. Schrift verb
man gegen jenes System in frühern Zeiten so oft a
gesucht hat. Der groſse Kepler hat zwar keine e
besondere Vertheidigung des Copernicus unternomm
seine eigenen unsterblichen Entdeckungen sind gan
Copernicanischen System erbaut; sie setzten dieses S
bereits gegeben oder bewiesen voraus und können o
selbe nicht bestehn; ja sie geben dem Copernicanisch
erst seine eigentliche Vollendung, indem sie die exc
Kreise und die Alles verwirrenden Epicykel, die Co
unberührt stehn lieſs, aus dem Systeme völlig entfern
aber die elliptischen Bewegungen einführen und da

1 De motu impresso a motore translato. L. B. 1649.

2 Astronomia philolaica. 1639; eins des besten astr
Werke des 17ten Jahrhunderts.

3 Copernicus redivivus. L. B. 1653.

4 Copernic defended. London 1660; deutsch: Verthei
pernicus. Leipz. 1713.

5 Scriptura sacra copernizans. Frankf. 1690.

..en Erscheinungen der Planeten auf ebenso einfache als ..e Gesetze zurückführen.

.. wird unnöthig und unserer Zeit nicht mehr angemes-..nen, die Erklärungen der Erscheinungen des Him-..s sie unmittelbar aus dem neuen Systeme folgen, hier ..h vorzutragen. Nach diesem Systeme wird die täg-..drehung des ganzen Himmels um die Pole von Mor-.. Abend nur als eine scheinbare Bewegung dargestellt, .. Grund in der wirklichen Umdrehung der kugelför-..rde um ihre Axe von Abend gegen Morgen hat. Eben-..der bloſs scheinbare jährliche Umlauf der Sonne in der ..ganz ebenso gut dargestellt, wenn man die Sonne ..d dafür die Erde um sie in derselben Ekliptik sich ..läſst. Wie aus dieser doppelten Bewegung der Erde ..- und Jahreszeiten und die Stationen und Retrogra-..ler Planeten auf das Einfachste und Genügendste darge-..den, ist bereits an mehr als einem Orte dieses Werkes ..rden.

..weise für die Kugelgestalt der Erde.

..ie Erde die von Copernicus vorausgesetzte Gestalt ..gel habe, wird hier ebenfalls keiner weiteren Beweise .. Diese Beweise folgen bekanntlich aus dem allmäli-..winden der unteren Theile von hohen Gegenstän-..nden, Schiffen oder Gebirgen, wenn man sich mehr ..n ihnen entfernt; ferner aus den Erscheinungen, wel-.. Gestirne darbieten, wenn wir in der Richtung des ..uf der Erde reisen; aus unsern sogenannten Reisen ..elt; aus dem Schatten der Erde bei Mondfinster-.. unmittelbaren Messungen der Oberfläche der Erde ..nnten Gradmessungen) und endlich aus der Analogie ..dern ihr ähnlichen Himmelskörpern, den Planeten ..n, die durchaus alle die Gestalt einer Kugel haben. .. bekannten Beweisen für die Kugelgestalt der Erde ..s der von dem Erdschatten bei Mondfinsternissen ..rläuterung verdienen. Man sieht bei diesen Fin-..en Schatten der Erde auf dem Vollmonde immer ..und und schlieſst davon auch sogleich rückwärts ..elrunde Gestalt der Erde. Allein wenn eine Kugel

auch z. B. von einer Ebene geschnitten wird, so i entstehende Schnitt immer ein Kreis, und ein Kreis v der Seite betrachtet, immer als eine Ellipse gesehn. also der Mond, wie Niemand zweifelt, selbst eine Ku hat, so würde auch die Schattengrenze der Erde bei l sternissen einem zur Seite stehenden Zuschauer ellipti im Allgemeinen rund erscheinen, wenn gleich die Er Kugel, sondern z. B. eine ebene Tafel oder einer vo ebenen Tafeln begrenzter Körper wäre, so daſs also je Form des Erdschattens nichts für die Kugelgestalt der beweisen scheint. Allerdings erscheint der Schnitt ei Kugel, wie hier des Mondes, durch eine Ebene dem stehenden Beobachter als eine Ellipse, und zwar als e schmälere Ellipse, je näher der Beobachter jener sch Ebene steht. Liegt sein Auge in dieser Ebene selbst, die Ellipse, deren kleine Axe jetzt völlig verschwindet gerade Linie über. Allein die Beobachter auf der Ober Erde sind, zur Zeit einer Mondfinsterniſs, immer seh dieser schneidenden Ebene, welche hier die Schatten der Erde ist, und sie würden daher, wenn diese Sch eine Ebene, wenn also auch die Erde selbst eine eb oder von solchen Tafeln begrenzt wäre, die Gren Schattens auf dem Monde als eine gerade Linie erblic lein sie sehn diese Grenze immer nur als eine krum woraus denn sofort folgt, daſs die Erde selbst ebe einer krummen Fläche begrenzt seyn müsse.

Ebenso ist oben gesagt worden, daſs aus den Er gen derjenigen, die in der Richtung des Meridians auf reisen, die Kugelgestalt der Erde folge. Wenn ma z. B. von Süd gen Nord um 1, 2, 3... Grade auf fortschreitet, so nimmt auch die Höhe der Sterne im in eben demselben Verhältnisse von 1, 2, 3... G Nennt man s den Bogen, den man auf diese Weise Erde zurücklegt, und ω den Winkel, welchen die be malen an den Endpuncten dieses Bogens unter sich bi soll also jeder Durchschnitt der Erdoberfläche, der in tung eines Meridians geführt wird, die Eigenschaft ha in der so entstehenden krummen Linie des Durchsch Element des Bogens ∂s zu dem Elemente seiner Amp ein constantes Verhältniſs habe. Nennen wir die

a, so hat man für die Differentialgleichung der ge- Curve

$$\frac{\partial s}{\partial \omega} = a.$$

r der Krümmungshalbmesser, so ist für jede Curve ∂ω, also auch r = a, oder die gesuchte Curve ist der ihr Krümmungshalbmesser für alle Puncte denselben hat. Es ist aber überhaupt, wenn ∂x constant ist,

$$r = -\frac{\partial s^3}{\partial x \partial^2 y},$$

y die senkrechten Coordinaten eines Punctes der Curve bezeichnen. Setzt man der Kürze wegen

so hat man, da $\partial s^2 = \partial x^2 + \partial y^2$ ist, für den Krümmesser auch den Ausdruck

$$r = -\frac{\partial x}{\partial p} \cdot (1+p^2)^{\frac{3}{2}},$$

daher, wenn man r = a setzt, für die Meridiane die Gleichung erhält

$$\frac{\partial x}{a} + \frac{\partial p}{(1+p^2)^{\frac{3}{2}}} = 0.$$

Ausdrucke ist das Integral

$$\frac{x}{a} + \frac{p}{\sqrt{1+p^2}} = \frac{b}{a},$$

Constante der Integration bezeichnet. Diese Gleichung auch so geschrieben werden:

$$p = \frac{b-x}{\sqrt{a^2-(b-x)^2}}$$

, da $p = \frac{\partial y}{\partial x}$ ist,

$$\partial y = \frac{(b-x)\,\partial x}{\sqrt{a^2-(b-x)^2}},$$

dieser letzten Gleichung ist wieder das Integral

$$y = c + \sqrt{a^2-(b-x)^2}$$

ich

$$(c-y)^2 + (b-x)^2 = a^2,$$

und dieses ist die bekannte Gleichung des Kreise Halbmesser a und dessen Coordinaten des Mittelpunc c sind.

Aus der vorhergehenden Analyse folgt daher, daſ ridiane der Erde die Gestalt eines *Kreises* von demsel messer haben, wenn man nämlich die Abplattung de unberücksichtigt läſst. Daraus würde nun allerdings der Schluſs zu ziehn seyn, daſs die Erde die G Kugel haben müsse, sie könnte vielmehr auch noch der mit kreisförmiger Basis seyn, dessen Axe in de von Ost nach West gelegt ist. Allein in diesem den alle irdische Meridiane unter einander *paral* seyn und jedes Gestirn würde an *allen* Orten der E nem und demselben Augenblicke culminiren oder Meridian gehn. Nun ist aber bekannt, daſs diese Fall ist. Für die Sonne z. B. haben, wenn an einen Mittag ist, alle westlich hiervon liegende Orte noc tag und alle östliche schon Nachmittag u. s. w., als dem Vorhergehenden, daſs die Erde eine der Kugel nahe kommende Gestalt haben werde.

Dieses führt auf die verwandte Frage, warum der über uns sichtbare Himmel in der Gestalt eines kugelförmigen Gewölbes erscheint, und wie groſs d kung ist?

Fig. 173. Sey C der Mittelpunct der Erde, so erscheint achter in D der ihm sichtbare Theil des Himmels Bogen BAb, nicht aber unter dem Halbkreise EA Geraden BDb und ECe auf dem Halbmesser CD achters senkrecht stehn. Wenn nämlich der Beob einen Stab DM gegen sein Auge so stellt, daſs ihm sichtbare Hälfte BA des Himmels in dem halbirt, so wird er den Winkel BDM keineswegs sondern vielmehr nur nahe gleich 23° finden. Voraussetzung, wie groſs ist dann das Verhältniſs Linien BD und AD, oder, was nahe dasselbe ist, sich der Halbmesser EC des Himmels zu der Höhe AD desselben?

Sey überhaupt der gegebene Winkel BDM = ziehe MF senkrecht auf AC und überdieſs die L BC und BA. Da nach der Aufgabe der Bogen A

ist auch der Winkel ACM = MCB = φ, und da auch DMF = α ist, so hat man

$$.\alpha = \frac{DF}{FM} = \frac{CF - CD}{FM} = \frac{Cos.\varphi - Cos.2\varphi}{Sin.\varphi}.$$

der Bogen AB = 2φ, also auch der Winkel

$$BAD = 90^\circ - \varphi$$

auch

$$\frac{BD}{AD} = Cotg.\varphi.$$

aber Cotg.φ = x, so ist

$$Sin.\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+x^2}},$$

$$Cos.\varphi = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$$

$$Cos.2\varphi = \frac{x^2-1}{x^2+1}.$$

an diese Werthe von Sin.φ, Cos.φ und Cos.2φ rgehenden Ausdrucke

$$Tang.\alpha = \frac{Cos.\varphi - Cos.2\varphi}{Sin.\varphi},$$

$$\frac{3 + Tang.^2\alpha).x^2}{2\,Tang.\alpha} + x = \frac{Tang.^2\alpha - 1}{2\,Tang.\alpha}$$

ische Gleichung giebt den gesuchten Werth von

der oben angeführten Beobachtung, $\alpha = 23^\circ$, so 0,424475, und daher die letzte Gleichung

$$- 3{,}74601\,x^2 + y + 0{,}96569 = 0,$$

c = 3,36, also auch $\varphi = 16^\circ\ 34'$, so daſs obachtung zufolge, der Himmel als ein gedrück- Gewölbe erscheint, dessen horizontaler Halbmes- r Höhe desselben beträgt.

kugelförmigen Erde haben bekanntlich unsere uns gerade gegenüber am andern Ende dessel- essers wohnen, Mitternacht, wenn wir Mittag

Digitized by Google

haben, und umgekehrt. Wenn man nun in Wien z.
Sonntag Mittag zählt, so wird man bei den Antipod
Stadt oder auf einem Schiffe, das eben durch den (
Antipoden fährt, um 12 Stunden mehr oder weniger,
weder den Anfang des Montags oder den Anfang d
tags zählen, wenn man nämlich auch dort die Tage,
in unserer bürgerlichen Zeitrechnung, mit der Mitten
ginnt. Unsere Weltumsegler haben in der That *Bei*
troffen; sie begegneten Inseln, die einen halben T
und wieder, oft ganz in der Nähe von jenen, an
seln, wo die Einwohner derselben einen halben Tag
zählten, als die Schiffsrechnung zeigte, die ihre Zähl
aus Europa beibehalten hatte. Auf diese Weise begeg
Völkern, selbst civilisirten, aus Europa in frühern Z
gewanderten Völkern, auf zwei nur wenig von eina
fernten Inseln, die *einen ganzen Tag* in ihrer Zei
von einander verschieden waren. Welche von beid
Recht und wie sollten sie eigentlich zählen?

Diese Frage muſs unbestimmt bleiben. Wer gen
bleibt bekanntlich mit seiner Zeit gegen die Ortszeit
der, die er auf seiner Reise trifft, immer mehr zur
aber seinen Lauf gen West richtet, gewinnt in sein
demselben Maſse, wie er weiter gen West vorrückt.
die gegenwärtigen Einwohner der einen jener beiden
Europa gekommen, indem sie von West gen Ost ste
zählen sie einen Tag weniger, als auf der andern,
vielleicht ganz nahen Insel, nach welcher aber die jet
wohner aus Europa von Ost gen West gekommen si

Ueberhaupt, wenn ein Ort in der Nähe unserer
z. B. von Wien aus, die östliche Länge A hat, so
fenbar auch die westliche Länge $24^h - A$. Nimm
Bewohner dieses Orts seine Lage in Beziehung auf
östlich an, so wird er zu der Zeit, wo man in Wi
zählt, die Zeit $(T + A)$ Uhr haben. Betrachtet e
Lage seines Orts als westlich von Wien, so wird er
in Wien T Uhr ist, an seinem Orte $T - (24^h - A) = (T +$
also genau einen Tag weniger als zuvor, zählen. I
einem Antipoden freistehn muſs, seine Richtung in
auf den Ort, dessen Antipode er ist, östlich oder w
nennen, eben weil er keines von beiden ist, indem er

Digitized by Google

Orte im Durchmesser der Erde gerade gegenüber steht, so ch diese Frage nicht entschieden werden, und noch we- rd man, wie ein englischer Seefahrer bereits versucht Entscheidung dieses Umstandes durch eine Parlaments- ringen wollen.

weise für die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe.

so wenig werden wir uns bei der Untersuchung auf- b die tägliche Bewegung des Himmels von Ost gen die ruhende Erde eine wahre Bewegung des Him- nur ein Schein, eine optische Täuschung sey, die tägliche Bewegung der Erde von West gen Ost um ntsteht. In den bloſsen äuſseren Erscheinungen die- ng liegt nichts, was uns zur Annahme der einen dern dieser beiden Hypothesen vorzugsweise bestim- , vielmehr hängt diese Wahl, so lange wir näm- ei diesen äuſsern Erscheinungen stehen bleiben, von lkür ab; wie wir denn auch noch immer, ob- len zweiten der eben erwähnten Fälle als den ein- erkennen, den älteren Sprachgebrauch von dem Untergang, von der Culmination der Gestirne u. s. w. die sich doch auf die erste der beiden genannten , d. h. auf eine anerkannt falsche Voraussetzung Die Beweise für die tägliche Bewegung der Erde folgen bekanntlich aus der äuſsersten Unwahr- , daſs so viele, so groſse und so sehr unter von uns selbst entfernte Himmelskörper sich mit emeinschaftlichen, gleichförmigen Geschwindigkeit in Beziehung auf alle jene Körper, ganz unbedeu- , die Erde, bewegen sollen; aus der durch die der Rotation entstehenden Abplattung der Erde len Polen; aus der Verschiedenheit der Pendellänge nen Entfernungen von dem irdischen Aequator; aren Fallversuchen der Körper von hohen Thür- dlich aus der Beobachtung mehrerer, der Erde in r Beziehung verwandten Gestirne, die durch die Bewegung der Flecken auf ihrer Oberfläche eine tion derselben um ihre eigenen Axen zeigen.

Digitized by Google

Die Einwendungen, die man gegen die täglich gung der Erde gemacht hat, verdienen jetzt keine wei derlegung mehr.

H. Beweise für die jährliche Bewegu Erde um die Sonne.

Ganz ebenso wird man endlich auch mit der d oben genannten Erklärungen, durch welche sich das canische System vor allen andern auszeichnet, verfal nen. Die Sonne scheint sich nämlich jährlich von Ost am Himmel in einem Kreise zu bewegen, in de telpuncte die Erde steht. Allein dieser Schein wir derselbe bleiben, wenn auch die Sonne in dem Mi eines Kreises ruhen und dafür die Erde in der dieses Kreises, in der Ekliptik, sich jährlich von Ost bewegen sollte. Wenn wir nämlich jetzt die Anfänge des Frühlings in der Länge 0°, im Anfang mers in der Länge 90° u. s. w. von der Erde aus kann dieses auch daher kommen, weil man, von der Sonne aus, die um sie sich bewegende Erde im An Frühlings in der Länge von 180°, im Anfange des in der Länge von 270° u. s. w., kurz immer um 18 sehn würde, als wir von der Erde aus die Sonne se Beweise für die in der That statt habende jährliche der Erde um die Sonne folgen bekanntlich aus der u daraus hervorgehenden sehr einfachen Erklärung der und Retrogradationen der Planeten; aus der damit ve Vereinfachung der Darstellung aller übrigen, unter dern Annahme äuſserst verwickelten Phänomene uns nensystems; aus der Analogie mit mehrern andern Hi pern, die sich, wie wir sehn, ebenfalls um die Son gen; aus der im Vergleich mit der Erde an Masse übe an Volumen aber über 1300000mal gröſsern Sonne auffallenden Unwahrscheinlichkeit, daſs ein so groſs sich um einen so vielmal kleinern bewegen sollte; en besonders aus der *Aberration des Lichts*[1], welche e mittelbaren und unwiderleglichen Beweis für die jähr

1 S. Art. *Abirrung des Lichts*. Bd. I. S. 15.

Digitized by Google

… der Erde an die Hand giebt, wenn es überhaupt noch … dig seyn sollte, eine bereits allgemein anerkannte … eit noch durch fernere Gründe zu unterstützen. Wir … hier nur noch bemerken, daſs das dritte Gesetz Kep… nicht weniger unmittelbar auf diese Bewegung der Erde … Wenn nämlich von den beiden Himmelskörpern, der … nd dem Monde, der eine derselben sich in der That … Erde bewegt, wie denn dieses von dem Monde schon … ältesten Zeiten angenommen werden muſste, so kann … halb der andere, die Sonne, sich nicht mehr um die … wegen. Denn die Umlauſszeit der Sonne ist nahe 13mal … als die des Mondes, und die Distanz der Sonne ist über … gröſser als die des Mondes von der Erde. Wenn aber …, so wie der Mond, sich um die Erde nach jenem … bewegte, so würde man, wenn x die Entfernung der … der Erde bezeichnet, die Proportion erhalten:

$$1^2 : 13^2 = 1^3 : x^3$$

$$x = \sqrt[3]{169} = 5{,}53,$$

… Entfernung der Sonne würde, unter dieser Voraus… nur $5\frac{1}{2}$mal gröſser seyn, als die des Mondes von der … doch, wie gesagt, über 400mal gröſser ist. Nach … Bestimmungen ist nämlich die Distanz der Sonne … Erde gleich 20880000, die des Mondes von der Erde … 51600 geogr. Meilen.

… eine dritte, von Copernicus der Erde fälschlich beigelegte Bewegung.

… der täglichen Rotation der Erde um ihre Axe und … chen Bewegung derselben um die Sonne glaubte Co… der Erde noch eine dritte Bewegung geben zu müs… dadurch die Gesammtheit der äuſsern Phänomene er… zu können. Indem er nämlich die regelmäſsige Ab… der Jahreszeiten auf der Erde in seinem Systeme … schiefen und sich immer parallel bleibenden Stellung … gegen die Ebene der Ekliptik sehr richtig ableitete, … der Meinung, daſs dieser Parallelismus der Erdaxe nur … eine eigene, dritte Bewegung der Erde erhalten werden

könne. Er nannte sie eine *Declinationsbewegung*[1], jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne entgeg wäre. Durch diese zwei gleichen und entgegengesetzte gungen, sagt er, wird bezweckt, daſs die Erdaxe und dische Aequator immer dieselbe Lage am Himmel bei Allein dieser *Motus declinationis seu Parallelismi* bloſse Fiction, die keinen Grund für sich hat. Die war zur Zeit des Copernicus noch sehr unvollkom eigentlich noch gar nicht vorhanden, sonst würde e haben, daſs bei der freien Bewegung der Körper die f tende und die rotatorische Bewegung derselben von unabhängig sind, und daſs, bei Kugeln wenigstens, tationsaxe durch die Kräfte, welche die progressive E ihres Mittelpuncts bewirken, nicht aus ihrer Lage wird, daher der Parallelismus dieser Axe vielmehr di senheit einer dritten Bewegung beweist, indem vielm eine eigene Bewegung erforderlich wäre, um diese merwährend aus dem mit ihrer ersten Lage parallel herauszubringen. Dieser Parallelismus der Erdaxe ist natürliche Stellung dieser Axe, die sich nicht änd keine Ursache zu einer solchen Aenderung da ist. E daſs sie anfänglich eine bestimmte Stellung im Welt halten habe, um dann auch diese Stellung für immer halten, trotz der Rotation der Erde um ihre Axe und volution derselben um die Sonne[2]. Tycho, der groſser Beobachter, aber kein mathematischer Kopf v hielt diesen Irrthum des Copernicus um so lieber b er ihn als Waffe gegen seinen groſsen Vorgänger zu suchte, indem er eine so groſse und schwerfällige M er die Erde darstellte, unmöglich mit drei verschied wegungen begabt annehmen wollte, da ihm eine sol aussetzung gar zu absurd erschien.

---

1 De revolutionibus. Lib. I. Cap. 11.

2 S. Lalande Astron. trois. éd. §. 1100. Poisson Tra canique. 2me éd. T. II.

Digitized by Google

torische Nachrichten von den Wider-
ngen des Copernicanischen Systems.

nicht unsere Absicht seyn, die Gründe, welche
ssen und die ersten Nachfolger des Copernicus
System aufgestellt haben, hier zu widerlegen oder
genau anzuführen. Es wird genügen, die vor-
derselben nur kurz anzudeuten und uns dabei auf
s gröſste Aufsehn machenden Gegner des Copern-
Riccioli (geb. 1598 zu Ferrara, gest. 1671) und
(geboren 1546, gest. 1601), zu beschränken.
gen sich vorzüglich auf einige Stellen des alten Te-
die ihnen als die stärksten Beweisgründe galten, und
oft sie durch mathematische Gründe ins Gedränge
ihre beste und unbesiegbare Waffe zu Hülfe riefen.
en sind: Josua Cap. X, Vers 13; Psalmen 92,
103, Vers 5; Prediger Salomonis Cap. I, Vers 5;
XXXVIII, Vers 8; Buch der Richter Cap. V, Vers
Buch Esra, Cap. IV, Vers 34. Es ist aber hier
noch Ort, diese Stellen mit ihren Erläuterungen
durchzugehn[1].

i[2], der in seinem Uebermuthe die Sache am wei-
iben suchte, führt nicht weniger als ***siebenundsie-***
se gegen das Copericanische Weltsystem umständ-
wiederlegt ***neunundvierzig*** andere Sätze ebenso
on welchen er annimmt, daſs man sie etwa für

n damals über diesen Gegenstand sagte, findet man in
ften zusammengetragen: Kepler in: de stella Martis, in
in Myster. Cosmogr. in den Noten zu Cap. I; ders.
onomiae Copern. Lib. I; Rothmann in einem Briefe,
den Epistolis Tychonis p. 130 befindet; Foscarini in
eiben an seinen Carmelitergeneral. Neapel 1615 und
panella in Apolog. pro Galileo. Frankf. 1622; Heri-
. Theil seines Cursus Mathematicus; J. Lansberg in
für Philipp Lansberg gegen Morin, Middelburg 1633,
li Almag. novum Vol. II. p. 487, so wie endlich auch
n. §. 1105.
m novum Astronomiam veterem novamque com-
non. 1651. II T. fol. Frankf. 1653. II T. fol. T. II.

dieses System noch anführen könnte. Als ob es auf
zahl, nicht auf den Gehalt dieser Beweise ankäme, u
nicht schon ein einziger, aber unwiderleglicher Satz hi
gewesen wäre, die Wahrheit der einen oder die Falsc
andern Sache hinlänglich zu beweisen! Besonders
sich bei der Behauptung, daſs die Vögel, wenn die
in der That bewegte, ihre Nester, ja selbst ihre Wä
mehr finden könnten. Zur Widerlegung hätte man
als Zuschauer rufen sollen, während man auf einem Sc
gel oder Billard spielte[1]. Tycho, der jene zwei B
des Riccioli auch auszubeuten sucht, bringt über
mehrere andere vor, die er aber, wir wollen es zu s
glauben, nicht vorgebracht haben würde, wenn er
achtungen seiner Nachfolger gekannt hätte. Er str
aus allen seinen Kräften dagegen, daſs eine so schw
behülfliche Masse, wie die Erde, sich so schnell um
bewegen soll, und doch lieſs er selbst nach seinem
Systeme die noch viel unbehülflichere Sonne um die
bewegen. Er kann es nicht zugeben, daſs wir alle zw
den den Kopf unten und die Füſse oben haben soll
unsere Reise um die Welt würde ihm gezeigt haben
Antipoden haben, daſs daher sein Einwurf nicht bes
und daſs derselbe nur auf einem Vorurtheile oder auf
richtigen Ansicht beruht, die er daher berichtigen sollte
sten empörte ihn die groſse Distanz der Fixsterne von
oder von der Erde, die Copernicus angenommen
daraus zu erklären, warum wir keine Parallaxe, d
Veränderung dieser Sterne in ihrer gegenseitigen St
merken, während doch unsere Erde jährlich einen
schreibt, dessen Durchmesser über 40 Millionen geo
beträgt. Copernicus selbst fand sich ohne Zweifel
Mangel dieser Parallaxe auch eine Zeit lang in der
seiner Ideen aufgehalten. Aber vor seinem Geiste
Einfachheit und die schöne Harmonie seines Syste
und klar da, daſs er keinen Anstand nahm, die Entf
Fixsterne so groſs anzunehmen, damit sie mit seine
nicht weiter im Widerspruch stehn könne. Die W
Systems war ihm, nicht etwa aus Speculationen *a pr*

---

1 Vergl. Lalande Astronom. T. I. p. 403.

Digitized by Google

tausend wiederholten Erfahrungen und Beobachtungen
en bewiesen. Ueber die Entfernung der Fixsterne
te man noch gar nichts; warum sollte er sie also
eit als möglich annehmen, um nicht etwa sein Sy-
von allen andern Seiten bereits auf das beste be-
, mit dieser Entfernung, sondern vielmehr um diese
mit seinem System in Einklang zu bringen. Zahl-
htungen seiner Nachfolger haben gezeigt, daſs Co-
uch hier sehr gut gerathen hat, und daſs ein Mann
wenn er einmal des wahren Wegs gewiſs ist, ihn
nell verläſst, wenn er da und dort auf ihm Hin-
gegnet, die vielleicht nur scheinbar sind. Dieser
Abstand der Fixsterne, gegen welchen selbst der
der Erdbahn nur als ein ganz unmerklicher Punct ver-
st ein sehr wesentlicher Theil der Copernicanischen
. Was soll uns aber hindern, diesen Abstand in
groſs anzunehmen, wie es allen unsern Beobach-
s ist? Sind *Groſs* und *Klein* nicht bloſse rela-
und kann uns nicht dasjenige sehr groſs erschei-
deren Wesen nur sehr klein vorkommen mag?
uns nur die Neuheit des Einfalls, ihn auch als
hmen? Allein denselben Einfall hat schon
on Samos (300 Jahre vor Chr. Geb.) gehabt, und
 wenigstens alt genug, um nicht mehr durch
aufzufallen. Als man ihm, der ebenfalls die
in einem Kreise um die Sonne gehn lieſs, den-
 von der Parallaxe der Fixsterne machte, ent-
ſs sich der Abstand der Fixsterne zur Erdbahn
er Halbmesser einer Kugel zu ihrem Mittelpuncte,
Durchmesser der ganzen Erdbahn gegen den Ab-
erne von uns nur als ein Punct oder als eine
e Gröſse zu betrachten sey [1]. Dieselbe Beweis-
auch COPERNICUS [2] vor. Ohne diese Voraus-
o groſsen Distanz der Fixsterne würde auch die
oben erwähnten Parallelismus ungeachtet, nicht

ons Arenarius in den Werken des JOH. WALLIS Vol. III.
die Werke des ARCHIMEDES von BARROW. Lond. 1675.

tionibus cet. Cap. VI.

immer dieselbe Stelle am Himmel treffen, wie sie j
wenn man nämlich die Präcession und Nutation unbe
tigt läſst, sondern diese zu beiden Seiten bis an den
verlängerte Axe würde am Himmel einen kleinen K
schreiben, welchen man an den Stellungen des Pols
Fixsterne bald erkennen müſste. HORREBOW und in d
Zeiten CALANDRELLI, PIAZZI und HERSCHEL d. ält.
zwar durch ihre Beobachtungen einen solchen, klein
in der That bemerkt, oder mit andern Worten, si
die Parallaxe der Fixsterne beobachtet zu haben,
zeigte sich bald, daſs sie sich geirrt hatten, und daſs
sere besten Instrumente nicht im Stande sind, dies
bisher noch viel zu kleine Parallaxe oder diese für
zu groſse Distanz der Fixsterne in der That auch m
niger Verläſslichkeit zu messen. Doch hat das imme
holte Aufsuchen der Parallaxe, die dann allerdings e
schönen Beweis der jährlichen Bewegung der Erde,
desselben noch bedürften, gegeben hätte, den Astron
legenheit gegeben, eine andere, noch interessantere
kung, die der Aberration des Lichtes, zu machen,
cher dann auch jener Beweis gleichsam von s
folgt ist.

Ferner glaubte TYCHO, in der Schwungkraft, d
die Rotation der Erde um ihre Axe entstehe, e
tigen Beweis gegen diese Rotation selbst zu finden.
nämlich diese Schwungkraft so groſs, daſs durch sie
per auf der Oberfläche der Erde zerstreut und von
geführt werden müſsten. Allein wenn er besser
hätte, so würde er gefunden haben, daſs durch diese
kraft die Schwere der Erde selbst unter dem Aequator,
die Schwungkraft am gröſsten ist, nur um ihren $\frac{1}{290}$
vermindert wird.

Endlich behauptete er noch, daſs die Kometen,
in Opposition mit der Sonne sind, keine solchen Er
gen (des Rückgangs u. dgl.), wie die obern Planet
wenn diese auch der Sonne gegenüberstehn, und daſs
solche Erscheinungen zeigen müſsten, wenn die jähr
wegung der Erde um die Sonne, die COPERNICUS
hatte, in der That statt fände. *Cometas insuper coel*
spectos et in solis opposito versantes motui terrae n

Digitized by Google

e, quamvis non in tantum distent, ut plane is eva- sicut in fixis fit sideribus: Copernicanam proinde ionem in motu terrae quoque collabescere. Dieser Ein- irde wichtig seyn, wenn er zugleich wahr wäre. Aber hatte selbst nur wenig Kometen beobachtet und sprach Dingen, die er nicht genau kannte. Hätte er nur 1681 sehn können, dessen scheinbare Bahn so ver- und bizarr war, daſs Cassini sie sogar durch zwei ne Kometen, die man mit einander vermengt habe, wollte, so würde er wohl seine Meinung geändert sonders wenn er bemerkt hätte, daſs dieselbe äuſserst e Bahn durch die bloſse Annahme der jährlichen Be- er Erde eine sehr einfache krumme Linie geworden dieselben Kometen, die für ihn ein Mittel abgeben as Copernicanische System zu bekämpfen, würden der triftigsten Gründe mehr gewesen seyn, diesem eizupflichten und ihm sein eigenes, so wohlgefällig Eitelkeit auf dasselbe herabgesehn haben mag, wil- fer zu bringen.

liche Darstellungen des Copernicanischen Systems.

t dieses System und die gegenseitige Lage seiner h *Scheiben* darzustellen gesucht, die sich alle um schaftlichen Mittelpunct, die Sonne, drehn. Peter ewitz)[1] hat eine Vorrichtung dieser Art auf 59 en, aber dabei die Ptolemäische Hypothese beibe- har Zumbach (Koesfeld)[2] lieferte solche Schei- erstichen für das Copernicanische System. In den n hat man eine Menge Versuche dieser Art von gemacht, die man sich aber auch wohl leicht gen kann.

her und kostbarer zugleich sind die sogenannten (franz. *Planétaires*, engl. *Orreries*), welche die der Planeten durch Räderwerk vorstellen. Selbst

nicum caesareum. Ingolst. 1540. fol.
Planetolabium. Lugd. Bat. 1691.

Huyghens[1] fand es nicht unangemessen, sich mit der
tigung einer solchen Maschine zu beschäftigen. Auch F
son[2] hat eine andere solche Planetenmaschine beschrieb
Frankreich haben sich Fortin, Grenet, Flecheux
Deutschland Vischer, Hahn, Riedel und früher be
die Nürnberger Künstler in der Verfertigung solcher
und Maschinen ausgezeichnet. Die meisten der letzte
den erhabenen Gegenstand, den sie repräsentiren wolle
höchst unvollkommen dar, und wessen Imagination
viel Spannkraft hat, um die Einrichtungen und die au
Einrichtungen folgenden Erscheinungen des Planetensyst
ohne solche Hülfsmittel zu erklären, dem wird auch v
den besten und theuersten Planetarien nur sehr wenig
seyn. Aus diesen Gründen wahrscheinlich hat Lich
alle diese Maschinen in die Kategorie der künstlichen, al
losen Bratenwender geworfen.

L. Kepler's Weltsystem.

Gewöhnlich begnügt man sich, wenn von dem
steme die Rede ist, mit der Aufzählung des ägy
Ptolemäischen, Tychonischen und des Copernicanisc
stems, mit welchem letzteren man die Reihe für geschlo
Allein Copernicus hatte uns nur die Anordnung, die
anderfolge der Planeten und ihre gemeinschaftliche B
um die Sonne, so wie die jährliche und tägliche B
der Erde, die er dadurch in die Zahl der übrigen Pla
nahm, gelehrt, und so groſs dieses Verdienst eine
Lehre auch gewesen ist, da sie einer jeden wahren Er
der Erscheinungen jener Himmelskörper nothwendig
gehn muſste, so blieben doch noch gar viele Fragen
wortet, die sich nicht etwa auf minder wichtig
nigkeiten und Nebensachen, sondern unmittelbar
ganze Organisation des neuen Systems im Groſsen
Copernicus hatte uns durch die tägliche Rotation
um ihre Axe eine genügende Erklärung der scheinbar
chen Umwälzung des Himmels und durch die jährli

1 Descriptio automati planetarii. In Opp. rel. Amst. 172

2 Astronomy explained. Lond. 1754.

Digitized by Google

g der Erde um die Sonne eine ebenso vollkommene Auf-
g der auffallendsten Bewegungen der Planeten, ihrer Sta-
und Retrogradationen, gegeben, oder er hat uns den wah-
und der sogenannten *zweiten Ungleichheit* der Planeten
gelehrt. Allein die *erste Ungleichheit* oder die un-
ige Bewegung der Planeten in ihren Bahnen lieſs
unerklärt, und er muſste sie auch unerklärt las-
lange er die *Kreisbewegung*, welche die Alten den
vorzugsweise gegeben hatten, nicht ebenso kühn
, als er die von denselben Alten angenommene Ruhe
im Mittelpuncte des Systems verworfen hatte. Allein
Kreise wagte er nicht zu rühren, und so muſste
auf halbem Wege stehn bleiben. Die alten Grie-
mehr Philosophen als Astronomen waren, und denen
um Hypothesen, durch welche sie ihren Scharfsinn
onnten, als um die wahre Erkenntniſs der Natur auf
tischen Wege der Beobachtungen zu thun war, nah-
sämmtlichen Bahnen der Himmelskörper als *kreisförmig*
t weil diese Kreise ihren Beobachtungen, um welche
Theoretiker wenig kümmerten, am besten entsprachen,
us dem hyperphysischen Grunde, weil der Kreis, un-
krummen Linien die einfachste, die vollkommenste
dem Urheber der Natur die angemessenste Linie seyn
hund dort regte sich freilich in den bessern Köpfen der
daſs diese Annahme doch wohl nicht die rechte seyn
weil sie mehrere Erscheinungen (der ersten Ungleich-
ch) selbst bei den Bewegungen der Sonne und des
die sie doch am besten kannten, durch ihre Kreise
ellen konnten. Diese Erscheinungen deuteten offen-
re ihrer Natur nach *ungleichförmige Geschwindig-*
Himmelskörper, und da sie eine solche, als der
im Kreise, die nur gleichförmig seyn kann, wider-
nicht annehmen konnten, ohne ihr erwähntes meta-
Princip fahren zu lassen, so kamen sie auf den
en Einfall, mehrere Kreise über einander laufen zu
d durch ein künstliches Gerüste von Epicykeln die
aufüllen, die sie in ihrem Systeme bemerkten. Wir
ts oben (Abschnitt C.) bemerkt, daſs sie sich durch
Veränderungen, die der scheinbare Halbmesser des
gt, von der Unrichtigkeit und Falschheit ihrer Hy-

pothese hätten überzeugen können. Allein die einmal faſste Idee von der Vortrefflichkeit des Kreises war zu allen Köpfen gewurzelt und fand einen zu allgemeine gang, als daſs man es hätte wagen dürfen, ihr auch m felnd entgegen zu treten. Bis in die Mitte des 17ten J derts blieb sie die herrschende Idee nicht bloſs des Haufens oder der mit der Sternkunde gewöhnlich n bekannten Philosophen, sondern auch der eigentlichen men. Selbst Copernicus, dem es doch, wie wir ge ben, nicht an Muth und Kraft gefehlt hat, alten und tiefgewurzelten Vorurtheilen entgegenzutreten, selbs groſse und seltene Mann, der sein ganzes, langes Lebe verwandt hatte, eines der ältesten und hartnäckigste Vorurtheile zu bekämpfen, selbst er konnte sich von j nicht trennen, welche so viele verflossene Jahrhunderte sam geheiligt hatten, und so groſs auch seine Verdi die Wissenschaft waren, so beschränkten sie sich d darauf, die Kreise der Alten anders zu vertheilen, diese Kreise selbst, an die er ebenso fest, wie alle se gänger, glaubte, weiter zu berühren.

Dieser wichtige Schritt zur Erkenntniſs der Wah dem nahe hundert Jahre nach Copernicus kommende vorbehalten. Johann Kepler wurde zu Wiel in W am 27. Dec. 1571 von armen Aeltern geboren. Seine und Jugend brachte er in Dürftigkeit zu, vielleicht u dem Kampfe vorzubereiten, den er sein ganzes Leben mit dem ungünstigsten Schicksale zu bestehn hatte. G zwanzigstes Jahr verschaffte er sich in Tübingen, wo logie studirte, seinen Unterhalt durch Erziehung frem der. Zwei Jahre später wurde er Professor der Math Grätz in Steiermark, wo er auch im J. 1596 sein erst res Werk, *Mysterium cosmographicum*, herausgab. D Schrift wurde er dem Tycho Brahe in Prag bekannt dessen Ansuchen vom Kaiser Rudolph II. als Tyc hülfe im J. 1600 nach Prag geschickt. Da man hier, während der Unruhen des 30jährigen Kriegs, sei Besoldung nicht auszahlte, so begab er sich nach eilf tigkeit zu Prag verlebten Jahren wieder als Professor thematik nach Linz, wo er neue funfzehn Jahre mit rungen und mit religiösen Verfolgungen kämpfte. Di

Digitized by Google

.. müde, nahm er die Vorschläge eines Privatmanns an, .. er nach Ulm berufen wurde. Da man aber auch hier .. gangenen Bedingungen, indem es Jedermann an Geld .. nicht erfüllte, so begab er sich in die Dienste des be- .. Wallenstein, Herzogs von Friedland, der in ihm .. wohl einen Astronomen, als vielmehr einen Astrolo- .. zweiten Seni erwartete. Um ihn wieder los zu .. wurde er bald darauf als Professor nach der Univer- .. ck geschickt, über welche Wallenstein das Patronat .. Aber *auch hier* wurde ihm seine Besoldung zurückge- .. und um seine von Prag und Rostock noch rückständi- .. gen *zu erbetteln*, reiste er im J. 1631 ganz allein .. Fuſse zu dem ausgeschriebenen Reichstage in Regens- .. er, erschöpft von den Anstrengungen der Reise, von .. und Entbehrungen aller Art, erkrankte und am 15. Nov. .. Jahres starb [1].

.. in Kürze den Weg zu zeigen, auf welchem Kepler .. berühmten Entdeckungen gelangt ist, die jetzt allge- .. der Benennung der *drei Kepler'schen Gesetze* be- .. , wollen wir zuerst bemerken, daſs er durch einen .. lichen Zufall in demselben Jahre (1600) nach Prag .. welchem Tycho die Reduction der 20jährigen Opposi- .. Planeten *Mars* vollendet hatte, die seit d. J. 1580 in Ver- .. Longomontanus von ihm beobachtet worden waren. .. achtungen waren erstens mit besseren Instrumenten .. gröſserer Sorgfalt und Geschicklichkeit angestellt, als .. je eine frühere; sie waren zweitens an einem Plane- .. stellt, der in seiner Opposition unter allen oberen .. der Erde am nächsten kommt, und dessen geocentri- .. gung daher sehr groſs und leicht mit Genauigkeit auf-

1 .. interessante und lehrreiche Biographie von ihm ist: Jo- .. 's Leben und Wirken, nach neuerlich aufgefundenen Ma- .. von J. L. C. Freih. v. Breitschwert. Stuttg. 1831. 8. Seine .. Werke sind nebst dem bereits genannten *Myst. cosmo-* .. Tübing. 1596 und 1621, seine *Paralipomena ad Vitellionem.* .. 4; *De Stella in pede Serpentarii.* Pragae 1606; *Astronomia* .. *de Martis.* Pragae 1609; *Dioptrica*, Augustae Vindel. 1611 .. 1653; *Epitome Astronomiae Copernicanae*, 1618, 1621, 1622; .. *Mundi* libri quinque, Lincii 1619; *De Cometis*, Augustae .. 9 und *Tabulae Rudolphinae.* Ulmae 1627.

zufassen ist, und sie betrafen endlich drittens einen dessen Bahn wieder unter allen obern Planeten bei w gröſste Excentricität hat und bei welchem man daher weichung seiner wahren elliptischen Bewegung von dahin supponirten Kreisbewegung am ersten entdecke alles sehr günstige Umstände, welche den neuen Ent gleichsam den Weg bahnen muſsten. Schon Tycho noch vor Kepler's Ankunft, bemüht, diese Beobacht Mars durch irgend eine hypothetische Bahn dessel stellen, und er hatte auch eine solche Hypothese mit welcher wenigstens er selbst ganz zufrieden war sie die von ihm beobachteten Oppositionen nur bis Minuten genau darstellte, ein Fehler, den er der U menheit seiner Beobachtungen zuzuschreiben sich gen um nur seiner Hypothese nicht zu nahe zu treten.

Schon die Alten hatten nämlich angenommen,
Fig. 174. die Sonne M sich in einem Kreise bewege, dessen C ist, während die Erde nicht in diesem Mittelpun dern in einem andern Puncte A′ der Linie ruht, Apsiden P und Q mit diesem Mittelpuncte verbinde war nun der sogenannte *excentrische Kreis*, von de reits oben (Abschnitt C) gesprochen haben. Es is sehn, daſs diese Hypothese des excentrischen Kr identisch mit der eines Epicykels ist, dessen Mitte auf dem Kreise QMP bewegt und dessen Halbme der Entfernung CA′ der Erde A′ von dem Mittelpu nes Kreises ist, so daſs beide Hypothesen ganz au analytischen Ausdrücke für den geocentrischen Ort führen. Da aber die Alten bald bemerkten, daſs die setzung die Beobachtungen der Sonne nicht eben darstellte, so brachten sie eine sogenannte Verbesserun indem sie nämlich noch die Bedingung hinzusetzten Sonne in der Peripherie des Kreises QMP nicht gl wie bisher, sondern so einhergehn sollte, daſs sie andern Punct A (der ebenso weit wie A′ von C, a andern Seite von C entfernt ist) in gleichen Zeit Winkel QAM beschreibe. Sie nahmen also von d puncte C aus auf der Apsidenlinie PQ zwei Puncte in gleicher Distanz von C, und nahmen an, daſs in dieser Puncte A′ die Erde stehe, während die Son

Digitized by Google

..ie QMP des Kreises eine (nicht, wie bisher, um C, ..) um den andern Punct A gleichförmige Winkelbewe..ben soll. Diese Hypothese nahm nun Tycho wieder ..er nicht ohne auch sie noch mit einer weiteren Ver.., wie er dachte, von seiner Erfindung zu versehn. .. nämlich die zwei Puncte A und A′ in *ungleichen* ..gen von dem Mittelpuncte C an, und lieſs dann um .. A′ den Mars in seinem Kreise QMP sich gleich..bewegen, während er in den andern Punct A′, sei.. erwähnten Weltsysteme zufolge, die ruhende Erde

.. Kepler mit dieser Anordnung nicht sehr zufrieden ..te, darf nicht erst erinnert werden, da er dem Co..chen, nicht dem Tychonischen Weltsysteme anhing. ..doch konnte er sich bald unabhängig machen, da er .. der Erde, die Sonne in den Punct A′ versetzen Allein die Fehler von fünf Minuten, die sich in der ..ypothese Tycho's, wie man auch dieselbe drehn und ..wollte, nicht wegbringen lieſsen, diese waren ihm ein .. Anstoſses, den er um jeden Preis zu entfernen suchte. ..hen dauerte aber volle neun Jahre, an deren Aus..lich sein berühmtes Werk erschien, in welchem er, .. diesen Gegenstand gefunden hatte, der Mit- und ..mittheilte. Dieses Werk führt den Titel: Astrono.. αἰτιολόγητος, seu Physica coelestis, tradita commen.. motibus stellae Martis, ex Observationibus G. V. Ty..Brahe. Pragae 1609. fol.

..bemerkte sehr bald, daſs er vor allen Dingen die Theo.. Sonne so weit ins Reine bringen muſste, um für jede .. Zeit die wahren Distanzen derselben von der Erde ..chnung zu erhalten. Er suchte demnach zuerst die ..tanz CA′ der Sonne A′ von dem Mittelpuncte C des .. in welchem die Erde, in Beziehung auf diesen Mit.. gleichförmig einhergehn sollte. Man sieht, daſs er .. den sogenannten Verbesserungen nicht irre führen .. welchen seine Vorgänger einen andern Punct A als ..lichen Mittelpunct der gleichförmigen Winkelbewe..nommen hatten, und daſs er in einem richtigen Vor.. ursprüngliche einfache Idee allen andern vorzog. .. Weise ist die Excentricität der Erdbahn so gering,

daſs er durch diese alte Hypothese eines einfachen e schen Kreises die gesuchten Distanzen der Sonne Erde mit der zu seinen Untersuchungen nothwendigen keit darstellen konnte. Er fand diese Distanz CA' d A' von dem Mittelpuncte C der Erdbahn gleich 17 Halbmesser CP = CQ = 100000 gesetzt, oder, was ist, er fand das Verhältniſs dieser Excentricität CA' zu messer der Erdbahn gleich 0,01792 (also schon der sehr nahe, da sie, den neuesten Bestimmungen zufo das Jahr 1600 gleich 0,01689, also nur um 0,001 kle sollte). Seine Rechnungen zeigten ihm bald, daſs di aussetzung die Distanzen der Sonne den Beobachtunge gab, und so begnügte er sich also für die Theorie d mit dieser Kreishypothese, und ging nun zur Aufsuc wahren Theorie der Planeten über.

Natürlich muſste er zuerst voraussetzen, daſs dies pothese, die ihm die Bewegung der Sonne, oder viel Erde, bereits so befriedigend dargestellt hatte, auch die Planeten ebenso gute Resultate liefern werde, und es auch, was er zuerst versuchte. Auch hier war ein sehr günstiges Ereigniſs, daſs Tycho ihm nicht haupt gute Beobachtungen des Mars, sondern daſs e gute *Oppositionsbeobachtungen* von diesem Planeten hatte. Die Beobachtungen der Opposition[1] haben na groſsen Vortheil, daſs sie unmittelbar den heliocentris des Planeten geben, da man zur Zeit der Opposition neten, in Beziehung auf seine Länge, an demselben Himmels von der Erde, wie von der Sonne erblickt, man für alle andere Zeiten den von der Erde beobacht geocentrischen Ort erst durch Rechnung auf den he schen Ort, der bei solchen Untersuchungen allein bra reduciren muſs, eine Reduction, die für Kepler, Elemente der Planetenbahnen erst suchen sollte, mi steiglichen Schwierigkeiten verbunden gewesen wäre.

Allein nicht bloſs diese glücklichen Zufälle, v wir schon öfter gesprochen haben, erleichterten die B der seltene Mann zu gehn hatte, um sein hohes Ziel chen, sondern auch seinem eigenen Geiste muſs ein g

1 Vergl. Art. *Aspecten*. Bd. I. S. 401.

Digitized by Google

der gröſste Theil des Gelingens dieser Unternehmung zu-
ben werden, seiner Geschicklichkeit, die Schwierig-
zu besiegen, die besiegt werden konnten, und diejeni-
umgehn, die er nicht überwinden konnte, seinem Scharf-
verwickelte Fragen zu theilen und sie gleichsam par-
e und unabhängig von den andern Theilen aufzulö-
ser Kunst, für jede seiner Untersuchungen die ange-
en Beobachtungen und die sichersten Methoden der Be-
auszuwählen, und vor allem vielleicht seiner uner-
n Beharrlichkeit, das einmal ins Auge gefaſste Ziel
t zu verfolgen und nicht eher abzulassen, bis das-
ständig erreicht war. Auf diese Weise bestätigt auch
schon so oft erprobten Satz der Menschengeschichte,
alles Groſse, was durch den menschlichen Geist ge-
oll, vom Glücke begünstigt seyn, daſs aber auch der-
st es verstehn muſs, dieses Glück, wo es sich ihm
, zu seinem Zwecke zu benutzen, und so darf auch
wie auf alle auſserordentlichen, vom Glücke vorzüg-
nstigten Männer, mit vollem Rechte angewendet wer-
der alte griechische Dichter von einem seiner Zeit-
sagte:

Οὐ τύχης, οὐκ ἀρετῆς, ἀλλ' ἀρετῆς εὐτυχομένης.

wird der Leser, dem es um die nähere Kenntniſs
wie Kepler zu seinen groſsen Entdeckungen kam, zu
sein oben erwähntes Werk selbst lesen müssen, da
Keim und die Basis der ganzen neuern Astronomie ent-
da es, der Weitläuſigkeiten, Ausschweiſungen und
wiederholten Versuche ungeachtet, auf jeden seiner
von dem hellen und heitern Geiste des Verfassers Zeug-
t.

versuchte also zuerst dieselbe Hypothese des excentri-
Kreises, die ihm für die Sonne schon so gute Dienste
hatte, auch auf die Planeten anzuwenden. Allein
der erste Versuch zeigte ihm, daſs seine Hoffnung wahr-
ch ungegründet sey. Die Rechnungen dieses ersten
s, die er in seinem Werke mittheilt, füllen volle zehn
en desselben. Allein dadurch nicht abgeschreckt be-
er, wie er S. 95 erzählt, noch *siebenzig* solcher Bei-
bis er endlich zu der vollen Ueberzeugung gelangte, daſs

er auf falſchem Wege sey, und daſs er also eine ganz Bahn einschlagen müsse. Er muſste nämlich eine Meth chen, die wahren Entfernungen des Mars von der Sonn abhängig von aller vorläufigen Hypothese über die Fo ner Bahn, durch Rechnung zu bestimmen. Zu diesem verfuhr er im Allgemeinen ganz so, wie unsere Fel wenn sie die Entfernung eines irdischen Gegenstandes, sie selbst nicht unmittelbar gelangen können, durch R bestimmen wollen.

Fig. 175. Nehmen wir an, man habe den Planeten M zw demselben Orte des Himmels beobachtet, wo die Erde der ersten Beobachtung in T und während der zweite achtung in T′ war und wo die Sonne in dem Mittel des von der Erde beschriebenen Kreises TT′ ruht. mittelbaren Beobachtungen gaben die Differenz der g schen Länge des Planeten und der Sonne oder die so *Elongation*[1] STM in der ersten und ST′M in der Beobachtung. Aus der bereits bekannten Theorie de im excentrischen Kreise, kannte Kepler aber auch di renz der beiden Sonnen- oder Erdlängen in den beide achtungen oder den Winkel der Commutation TST′ Sonne, so wie die beiden Distanzen ST und ST′ d von der Erde. Demnach kannte er in dem Dreieck zwei Seiten ST und ST′ nebst ihrem eingeschlossenen TST′, woraus er dann, durch die bekannten Formeln nen Trigonometrie, auch die dritte Seite TT′ und di übrigen Winkel a und a′ dieses Dreiecks finden konnte man dann diese Winkel a und a′ von den beiden Elon STM und ST′M ab, so erhält man die Winkel b un daſs demnach in dem zweiten Dreiecke TMT′ die Se und die beiden anliegenden Winkel b und b′ bekan woraus dann wieder die Seite TM sowohl, als auc durch Rechnung bestimmt werden kann. Auf diese W daher bereits die zwei Distanzen TM und T′M des von der Erde gefunden worden. Endlich kennt man dritten Dreiecke STM die zwei Seiten ST und T dem von ihnen eingeschlossenen Winkel STM, also auc Rechnung die gesuchte Seite SM oder die Entfern

1 Vergl. Art. *Elongation.* Bd. III. S. 788.

Digitized by Google

von der Sonne. Zur Prüfung des ganzen Verfahrens man auch noch in dem vierten Dreiecke S T'M aus den bekannten Seiten S T' und T'M und ihrem eingeschlos- Winkel S T'M dieselbe Seite SM finden, deren Werth bereits zuvor gefundenen genau übereinstimmen muſs.

Dieses einfache Verfahren wendete Kepler an, seine Auf- zulösen. Auch hierin hatte ihm Tycho glücklicher- durch seine frühern Beobachtungen vorgearbeitet. Zwar unter denselben keine solchen Paare, in welchen der genau in demselben Puncte seiner Bahn beobachtet wor- , aber er fand doch mehrere, wo dieses beinahe der , und die Bewegung des Mars war ihm bereits so nahe , daſs er die Reduction der einen dieser Beobachtungen andere, da sie in Beziehung auf den Ort des Planeten verschieden waren, leicht mit der hier nöthigen Ge- vornehmen konnte. Indem er nun auf diese Weise Kenntniſs der wahren Entfernungen des Mars von der für verschiedene Puncte seiner Bahn verschafft hatte, er sie unter einander, um daraus, wo möglich, die Gestalt dieser Bahn zu entdecken! Er suchte sie wieder zuerst seiner frühern, beliebten Hypothese des schen Kreises anzupassen. Sey B N D dieser Kreis und Mittelpunct, so wie A der Punct der Sonne in der Fig. der Apsidenlinie B C D. Aus frühern Versuchen hatte 176. den Halbmesser C B = C D dieses excentrischen Krei- 152640 und die Excentricität desselben C A = 14140 , den Halbmesser der Erdbahn als Einheit vorausge- Dieses gab das Verhältniſs der Excentricität zum Halb-

$$\frac{AC}{CB} = \frac{14140}{152640} = 0{,}0926$$

noch genau genug, da nach den neuesten Bestimmungen Excentricität der Marsbahn gleich 0,0932 ist, die halbe groſse dieser Bahn als Einheit angenommen.

Indem er nun die früher erhaltenen Marsdistanzen von der in seinen excentrischen Kreis B M N D eintrug, fand er auffallende Resultat, daſs seine wahren Distanzen immer waren, als in dem excentrischen Kreise, und zwar um mehr, je weiter Mars von der Apsidenlinie B C D ent-

fernt war. Für die Winkel BAM und BAN fand die wahren Distanzen gleich Am und An, da doch centrische Kreis die gröſseren Distanzen AM und AN obendrein war die Differenz AN — An bedeutend gr AM — Am, so oft der Punct M näher an der Ap BD lag, als der Punct N. Indem nun Kepler al durch Rechnung erhaltenen *wahren* Distanzen Am, seinen excentrischen Kreis BMND eingetragen und d puncte m, n.. dieser Distanzen durch eine krumme L bunden hatte, fand er, daſs diese krumme Linie *ke* sondern eine in der Mitte zwischen den beiden puncten B und D abgeplattete, kurz eine *ovale C* müsse. *Plane itaque hoc est*, setzt er S. 213 hinzu *planetae non est circulus, sed ingrediens ad latera paulatim, iterumque ad circuli amplitudinem in exiens, cujusmodi figuram itineris ovalem appellitan*

Aber hier einmal auf seiner eigenen Bahn ang sollte man glauben, müſste ein Mann seiner Art von selbst auf die Vermuthung gerathen, daſs die wohl die einfachste von allen Ovalen, die er kannte, die *Ellipse* seyn müsse. Allein war es, daſs sei nungen oder seine auf diese Rechnungen gegründete nungen nicht ganz fehlerfrei waren, oder spielte ihm, auch sonst nur zu oft geschah, seine zu lebhafte wieder einen bösen Streich — genug er verfiel nicht sog die Ellipse, sondern auf eine andere mehr zusamme Ovale, die ihm mit seinen Zeichnungen besser überei men schien. Und so gewiſs glaubte er nun die ein Bahn der Planeten in dieser Ovale gefunden zu haben seine vermeinte groſse Entdeckung ohne weitere Prüfu es scheint, mit einer Art von Triumph dem damals b Mathematiker David Fabricius mittheilte. Allein di den Gegenstand mit mehr Ruhe betrachtete, fand ba diese Curve den Beobachtungen keineswegs entspreche her als ganz unangemessen verworfen werden müsse. I diese Bemerkung Kepler mit, und dieser nahm, nac tener besserer Einsicht, keinen Anstand, seinen Irr gestehn und die Geschichte desselben mit der ihm türlichen, heiteren Offenheit selbst seinen Lesern mitz *Dum in hunc modum*, sagt er am Ende seiner Erzähl

Digitized by Google

ctibus triumpho, eique ut plane devicto tabularum et aequationum compedes necto, diverſis nuntiatur ſtilem victoriam et bellum tota mole recrudeſcere. parum abſuit, quin hoſtis fugitivus ſeſe cum rebel- conjungeret, meque in deſperationem adigeret: niſi ſua rationum phyſicarum ſubſidia, fuſis et pa- teribus, ſubmiſiſſem, et qua ſeſe captivus prori- omni diligentia edoctus veſtigiis ipſis nulla mora inhaeſiſſem. Itaque cauſae phyſicae in fumos

dem er alſo von dieſem erſten Abwege wieder zu- men war, ſuchte er eine neue, beſſere Bahn einzu- und fand endlich, daſs die *Ellipſe* allen Forderun- lche die Beobachtungen Tycho's und ſeine Berech- ſelben an ihn ſtellten, am beſten entſpreche. Schon Verſuche beſtätigten dieſe Vermuthung auf das Voll- e, und er konnte nun mit voller Beruhigung ſeine Entdeckung als ein *Geſetz der Natur* aufſtellen, daſs alle Planeten, ſo wie auch die Erde ſelbſt, in ellipti- hnen,* deren einen Brennpunct die Sonne einnimmt,

Planeten bewegen ſich alſo in Ellipſen um die aber auf welche Weiſe? Welches iſt die Ge- keit dieſer Planeten in ihren elliptiſchen Bahnen? man dieſe Geſchwindigkeit, die offenbar keine be- wie die im Kreiſe, ſondern eine für jeden Au- veränderliche iſt, einmal kennt, wie ſoll man dann des Planeten in ſeiner Bahn für jede gegebene Zeit Rechnung beſtimmen? — Dieſe Fragen waren noch erten übrig, und ſie gehören, wie man ſieht, nicht leichten, beſonders wenn man den unvollkommenen der Mathematik zu Kepler's Zeiten in Betracht zieht. treffliche Mann hielt ſich durch ſeine erſte Ent- gleichſam aufgefordert, ſein Werk zu vollenden, in- dieſe aus ſeiner Entdeckung unmittelbar folgenden Pro- nicht auf ſeinen Lorbeeren ruhend den Nachfolgern wollte, ſondern ſelbſt ſie aufzulöſen ſich bemühte. auf verwendete Arbeit koſtete ihm aber wieder zehn hre ſeines ohnehin mit Mühe und Sorgen überhäuften Die Reſultate ſeiner Unterſuchungen theilte er, nebſt

Digitized by Google

noch einer andern glänzenden Entdeckung, in seinem l ten Werke: *Harmonices mundi libri quinque.* Linz 1(Nachwelt mit.

Nach manchen vergeblichen Versuchen, der Auflösu nes Problems näher zu kommen, bei welchen wir uns Kürze wegen hier nicht weiter aufhalten wollen, bem daſs bei den excentrischen Kreisen der Alten die Be der Planeten in den Perihelien am schnellsten, in des lien aber, am langsamsten erscheine, und daſs sie z diesen beiden Puncten auf der einen Seite der Apsi ebenso regelmäſsig abnehme, als sie auf der andern Sei der wachse. Er zweifelte nicht, daſs dasselbe wohl der Ellipse der Fall seyn würde. Allein welches ist setz, nach welchem sich diese Bewegung in der Ellip tet? Welches auch die Antwort auf diese Frage seyn so war doch so viel klar, daſs es auch in der Ellips etwas geben müsse, was sich mit der Zeit gleichförmig weil sonst alle Berechnung dieser Bewegung unmögli würde. Vielleicht beschreibt der Planet für alle Punc Bahn in gleichen Zeiten gleiche Bogen; vielleicht nim Entfernung von der Sonne gleichförmig mit der Zeit a der andern Hälfte der Bahn wieder ebenso gleichfö u. s. w. Diese und mehrere ähnliche Fragen hielten ohne Zweifel lange auf, ohne ihn aber auf irgend ei digendes Resultat zu leiten. Zufällig vielleicht gerieth einmal auf den Einfall, zuzusehn, ob nicht die Fläche che der elliptische Radius Vector während der Beweg Planeten um die Sonne beschreibt, ihm einen solchen so lange gesuchten Anhaltpunct geben könnten. Indem ses näher untersuchen wollte, bemerkte er, wie er selbs seiner *Harmonice Mundi* erzählt, daſs bei dem exce Kreise der Alten diese Flächen, wenigstens in den beid gegengesetzten Puncten der Apsiden, in der That den verwendeten Zeiten vollkommen proportional sind. l
Fig. 177. lich C der Mittelpunct der Sonne, RCQ die Apsi und nimmt man in dieser Linie CA = CB, so daſ Sonne und A derjenige Punct ist, um welchen die Wi wegung des Planeten in dem Kreise MNOP gleichförm soll, so ziehe man durch den Punct A die zwei Geraden und NAP. Da die Scheitelwinkel MAN und OAP

werden also, nach der erwähnten Hypothese der Alten, Bogen MN und OP von den Planeten in gleicher schrieben werden, und es ist daher nur noch zu zeigen, die Flächen NBM und OBP einander gleich seyn Zieht man aber durch den Punct B die Linien BO, ebenso BM, BN, so hat man, da die Winkel MAN gleich sind und da sich in zwei Kreisen die zu Winkeln gehörenden Bogen wie ihre Halbmesser ver-

$$MN:OP = AR:AQ,$$

$$MN.AQ = OP.AR.$$

der Construction der Zeichnung ist

$$AQ = BR \text{ und } AR = BQ,$$

auch

$$MN.BR = OP.BQ$$

bei kleinen Winkeln im Kreise die Flächen der Secto- wie die Producte ihrer Bogen in die Halbmesser die- verhalten, so sind auch die Flächen der beiden MNB und OPB einander gleich.

einfache Lehrsatz, den KEPLER gefunden hatte, er- seines Beifalls gleich in einem so hohen Grade, daſs weitere Beweise dafür zu suchen, sofort nicht Puncte des excentrischen Kreises, sondern auch Anstand auf die Ellipse anwandte, sehr wenig, wie darum verlegen, ob der Satz in dieser Ausdehnung erwiesen werden könne, und schon vollkommen frieden, daſs seine auf diesen Satz gegründeten Berech- gut mit den Beobachtungen übereinstimmten, was allerdings die Hauptsache war, während er die ten Demonstrationen seiner nicht nur gemachten, son- auf praktischem Wege vollkommen bewährten Ent- immerhin Andern überlassen konnte.

bemühte er sich desto mehr, eine angemessene Me- finden, durch welche man, unter dieser Voraussetzung der Zeit gleichförmig fortgehenden Wachsthums der en Sectorfläche, den Ort des Planeten in seiner Bahn gegebenen Augenblick bestimmen kann, da es die dieses Problems war, welche er bei seinen fernern ungen vorzüglich bedurfte. Sey AMP eine Ellipse, Fig. 178.

C ihr Mittelpunct und F, F′ die beiden Brennpuncte
einem F die Sonne ist, so daſs also der der Sonne näch
der Ellipse das Perihelium und der entfernteste A
lium des Planeten M bezeichnet, der sich in der
dieser Ellipse und zwar so bewegt, daſs die Flä
die der Radius Vector FM des Planeten beschreibt
Zeit gleichförmig wächst. Sey $\frac{1}{2}$f die Fläche dies
$\frac{1}{2}$F die Fläche der ganzen Ellipse; es bezeichne T
laufszeit des Planeten um die Sonne, in Tagen ausg
wie endlich t die Anzahl der Tage, die seit dem I
des Planeten durch sein Perihelium P verflossen sin
vorausgesetzt hat man nach dem erwähnten zweite
schen Gesetze

$$\frac{\frac{1}{2}f}{\frac{1}{2}F} = \frac{t}{T} \text{ oder } \frac{f}{F} = \frac{t}{T}.$$

Bezeichnen nun a und b die halbe groſse und klein
Ellipse, so ist bekanntlich die Fläche derselben $\frac{1}{2}$F
wo $\pi = 3{,}14159$ ..., und daher

$$\tfrac{1}{2}f = ab\pi \cdot \frac{t}{T}.$$

Da man nun die Gröſsen a, b, T und t kennt oder
voraussetzt, so erhält man durch die letzte Gleichun
gegebene Zeit t nach dem Durchgange des Planeten
Perihelium die dieser Zeit entsprechende Fläche $\frac{1}{2}$f
des elliptischen Sectors, und es handelt sich nun d
dieser Fläche sowohl den Winkel PFM $= \nu$ als auc
dius Vector FM $=$ r des Planeten M für dieselbe Ze
Rechnung zu bestimmen. Ist nämlich F♈ die
Nachtgleichen, und ist die Länge ♈FP $= \Pi$ de
bekannt, wie hier vorausgesetzt wird, so wird die l
Planeten in seiner Bahn $\lambda =$ ♈FP $+$ PFM oder

$$\lambda = \Pi + \nu$$

seyn, so daſs demnach der Ort des Planeten M in l
auf die Sonne F durch diese beiden Gröſsen λ oder
vollständig bestimmt seyn wird. Man pflegt aber d

$\frac{f}{ab}$ die *mittlere Anomalie* des Planeten zu nennen
durch m zu bezeichnen, während der Winkel PFM
wahre Anomalie des Planeten heiſst.

Digitized by Google

...n wie findet man diese beiden Gröſsen v und r aus
...nen Gröſse f oder $\frac{f}{ab} = m$? Die Antwort auf diese
...häftigte Kepler wieder längere Zeit, da ihm die-
...einen künftigen Arbeiten unentbehrlich war. Er be-
...ld, daſs diese Aufgabe nicht zu den leichten gehöre,
...e directe Auflösung derselben unmöglich sey, selbst
...Fall, daſs die Bahn des Planeten nicht elliptisch, son-
...kreisförmig angenommen werde. Er drückt sich dar-
...aus, indem er von seiner bloſs *indirecten* Auflö-
...Problems spricht: *Haec enim est mea sententia: quae*
...habere videbitur geometricae pulchritudinis, hoc
...hortor geometras, ut mihi solvant hoc problema:
...ae partis semicirculi, datoque puncto diametri, in-
...arcum et angulum ad illud punctum," *cujus anguli*
...et quo arcu data area comprehenditur; vel etiam:
...semicirculi ex quocunque puncto diametri in data
...ecare." *Mihi sufficit, credere, problema hoc solvi a*
...posse propter arcus et sinus ἑτερογενείαν. Er hatte
...Recht, da die Auflösung des Problems seiner Natur
...eine transcendente Gleichung führt, in welcher die
...Gröſse u als Bogen und zugleich als trigonome-
...Function oder als Sin. u vorkommt, und da Gleichun-
...r Art nicht anders als indirect oder durch Reihen
...werden können. Er kommt später wieder auf die
...gkeiten dieses Problems zurück, und setzt am Ende
...qui mihi hoc problema directa via solutum exhibue-
...mihi erit magnus Apollo-nius, dabei auf den durch
...Scharſsinn berühmten Apollonius anspielend, der nahe
...re vor Chr. Geb. in Alexandrien lebte und uns ein
...s Werk über die Kegelschnitte hinterlassen hat.

...sey $MQ = y$ senkrecht auf die groſse Axe AP, und
..., so ist die bekannte Gleichung der Ellipse

$$y = \frac{b}{a}\sqrt{2ax - x^2}$$

...s erhält man für das Differential der Fläche des ellip-
...egments

...Harmon. Mundi. p. 300.

$$\partial.PMQ = y\partial x = \frac{b}{a}\,\partial x.\sqrt{2ax - x^2},$$

wovon das Integral ist

$$PMQ = \frac{ab}{2}\text{ Arc. Sin. }\frac{\sqrt{2ax - x^2}}{a} - \frac{b(a-x)}{2a}\sqrt{2\ldots}$$

was ſich auch kürzer ſo ausdrücken läſst:

$$PMQ = \frac{ab}{2}\text{ Arc. Sin. }\frac{y}{b} - \tfrac{1}{2}(a-x)y.$$

Es ist aber auch die Fläche des ebenen Dreiecks

$$QMF = \tfrac{1}{2}(a - a\varepsilon - x)y = \tfrac{1}{2}(a-x)y - \tfrac{1}{2}a\ldots$$

wo $a\varepsilon = \sqrt{a^2 - b^2}$ die Excentricität $CF = CF'$ d… bezeichnet. Addirt man dieſe beiden Flächen des … Segments und des Dreiecks, ſo erhält man für die … elliptiſchen Sectors

$$PMF = \tfrac{1}{2}ab\text{ Arc. Sin. }\frac{y}{b} - \tfrac{1}{2}a\varepsilon y.$$

Es ist aber auch die bekannte Gleichung der Ell… ſchen dem Radius Vector $FM = r$ und der wahren… $PFM = \nu$

$$r = \frac{a(1-\varepsilon^2)}{1+\varepsilon\text{Cos.}\nu},$$

alſo auch

$$y = r\text{Sin.}\nu = \frac{a(1-\varepsilon^2)\text{Sin.}\nu}{1+\varepsilon\text{Cos.}\nu}$$

und daher der vorhergehende Ausdruck des Se… $b = a\sqrt{1-\varepsilon^2}$ ist,

$$PMF = \tfrac{1}{2}ab\left\{\text{Arc.Sin.}\left[\frac{(1-\varepsilon^2)^{\frac{1}{2}}\text{Sin.}\nu}{1+\varepsilon\text{Cos.}\nu}\right] - \varepsilon.\frac{(1-\varepsilon^2\ldots}{1+\ldots}\right.$$

Setzt man in dieſem Ausdrucke $\nu = 180° = \pi$, ſo ist S… und Arc. Sin. $0 = \pi$, alſo auch die Fläche der halb… $\tfrac{1}{2}ab\pi$ und die der ganzen $\tfrac{1}{2}F = ab\pi$, wie oben. W… wie zuvor, die Fläche des Sectors $PMF = \tfrac{1}{2}f$ und d… wegen die Gröſse

$$\frac{(1-\varepsilon^2)^{\frac{1}{2}}.\text{Sin.}\nu}{1+\varepsilon\text{Cos.}\nu} = \text{Sin. u}$$

Digitized by Google

..., so geht die vorhergehende Gleichung in folgende über, ...an wieder PMF = ½ f setzt:

$$\frac{f}{ab} = u - \varepsilon \,\text{Sin.}\, u \quad \ldots \quad (I)$$

...überdieſs nach dem Vorhergehenden hat

$$\frac{\frac{1}{2} f}{\frac{1}{2} F} = \frac{f}{F} = \frac{t}{T} \text{ und } \frac{1}{2} F = ab\pi,$$

...ach

$$\frac{f}{ab} = \frac{2\pi . t}{T},$$

...die *Gleichung* (I)

$$\frac{2\pi . t}{T} = u - \varepsilon \,\text{Sin.}\, u \quad \ldots \quad (I')$$

... aber die Hülfsgröſse $\mu = \frac{2\pi a^{\frac{3}{2}}}{T}$ oder $\frac{2\pi}{T} = \frac{\mu}{a^{\frac{3}{2}}}$, so

...n, wenn man diesen Werth von $\frac{2\pi}{T}$ in der Gleichung ...tuirt,

$$\frac{\mu t}{a^{\frac{3}{2}}} = u - \varepsilon \,\text{Sin.}\, u \quad \ldots \quad (I'')$$

... allen diesen Gleichungen I, I′, I″ .. bezeichnet der Aus-

$$\frac{f}{ab} = \frac{2\pi . t}{T} = \frac{\mu . t}{a^{\frac{3}{2}}}$$

...lere *Anomalie*, die wir oben durch m bezeichnet ha... wie die eingeführte Hülfsgröſse u die *excentrische* ...ie *genannt* zu werden pflegt. Wenn man über der ... Axe AP aus dem Mittelpuncte C derselben mit dem ...ser CA = CP = a einen Kreis AmP beschreibt, und ...krechte PM verlängert, bis sie die Peripherie dieses ... in dem Puncte m schneidet, so ist, wie man leicht ...iese Hülfsgröſse u gleich dem Winkel PCm.

...ch wollen wir bemerken, daſs man aus der obigen ...g

$$\frac{f}{t} = \frac{2ab\pi}{T},$$

da der halbe Parameter p der Ellipse $= \frac{b^2}{a}$, al

$b = \sqrt{a\,p}$ ist, erhält:

$$\frac{f}{t} = \frac{2\,a^{\frac{3}{2}}\pi\,.\sqrt{p}}{T}$$

oder

$$\frac{f}{t} = \mu\,.\sqrt{p}$$

welche letzte Gleichung zeigt, daſs das constante Ve der Sectorfläche zu der auf ihn verwendeten Zeit b einzelnen Planetenbahn der Quadratwurzel aus dem P dieser Bahn proportional ist.

Verbindet man endlich die Gleichung der Ellipse

$$r = \frac{a\,(1-\varepsilon^2)}{1+\varepsilon\,\mathrm{Cos.}\,\nu}$$

mit der oben angenommenen Hülfsgleichung

$$\mathrm{Sin.}\,u = \frac{(1-\varepsilon^2)^{\frac{1}{2}}\,\mathrm{Sin.}\,\nu}{1+\varepsilon\,\mathrm{Cos.}\,\nu},$$

so leitet man daraus auch ohne Mühe noch die folgen drücke ab:

$$\mathrm{Cos.}\,\nu = \frac{\mathrm{Cos.}\,u-\varepsilon}{1-\varepsilon\,\mathrm{Cos.}\,u};\quad \mathrm{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\nu = \mathrm{Tang.}\,\tfrac{1}{2}u\,.\sqrt{\frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}}.$$

$$\frac{\mathrm{Sin.}\,\nu}{\mathrm{Sin.}\,u} = \frac{a}{r}\sqrt{1-\varepsilon^2};\quad r = a\,(1-\varepsilon\,\mathrm{Cos.}\,u)\;\ldots\;($$

Durch die vorhergehenden Gleichungen ist aber das *Ke Problem*, wie dasselbe nach seinem Urheber genan vollständig aufgelöst. Ist nämlich von einer elliptisc netenbahn die halbe groſse Axe a und die Excentricität ser Bahn, so wie die Umlaufszeit T des Planeten i Bahn, also auch die Gröſse $\mu = \frac{2\pi\,.\,a^{\frac{3}{2}}}{T}$ gegeben, und man die Zeit t, die seit dem Durchgange des Planete sein Perihelium verflossen ist, so erhält man für d dieser Zeit die excentrische Anomalie u durch eine d chungen (I) oder durch

$$m = u - \varepsilon\,\mathrm{Sin.}\,u,$$

und dann erhält man die wahre Anomalie ν und den

Digitized by Google

.. durch eine der Gleichungen (II) und (III), z. B. durch
..drücke

$$\text{Tang.}\tfrac{1}{2}\nu = \text{Tang.}\tfrac{1}{2}u.\sqrt{\frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}}$$

$$r = a\,(1 - \varepsilon\,\text{Cos.}u).$$

..mmung der für alle Planetenbahnen constanten Gröſse[1]

$$\mu = \frac{2\pi . a^{\frac{3}{2}}}{T}$$

.. z. B. für die Erde, wenn man die halbe groſse Axe a
.. gleich der Einheit und die siderische Umlaufszeit
..5,256384 annimmt,

$$\mu = \frac{2\pi}{T} = 0{,}0172021.$$

.. Vorhergehende war nun die Bewegung eines jeden
.. in seiner Bahn vollkommen bestimmt, und das Mittel
.. den wahren Ort desselben für jede Zeit in dieser Bahn
... Allein wenn man von einer dieser Bahnen zu
..ren übergehn wollte, so fehlte dazu der Weg. Jede
..en *stand* gleichsam isolirt für sich am Himmel, und
.. kein Band auffinden, welches sie alle zu einem
..lichen Ganzen verbindet. Kepler ahnete dieses
.. er suchte volle siebenzehn Jahre, wie er selbst ge-
..ens nach demselben. Vor allem war es ihm darum
.. ein über alle Planeten sich erstreckendes Gesetz auf-
.. das zwischen ihren Entfernungen von der Sonne und
.. ihren Umlaufszeiten um diesen Centralkörper, wie er
.. Art von Divination voraussah, statt haben sollte.
.. seinem ersten astronomischen Werke, dem *Mysterium*
..hicum (1596), das übrigens noch voll jugendlicher
..en und Phantasiespiele ist, hatte er nach einem sol-
..tze gesucht, und dazu vorzüglich die sogenannten
..en Verhältnisse benutzen wollen, die schon die alten
.. in den verschiedenen Entfernungen der Planeten
..onne gefunden haben wollten. Da er aber diesen
.. als ungenügend erkannte, so versuchte er später,
..*ch* dem Beispiele der Alten, die verschiedenen Längen

1 .. Art. *Umlaufszeiten*. Bd. IX. S. 1228.

der Saiten, welche in der Musik die Terze, Quarte,
u. s. w. geben, jenen Entfernungen der Planeten anzu
eine Meinung, die er noch in seinem spätern Werke *Har*
mundi (1619) umständlicher untersuchte, aber ebenfall
ungegründet fand. In demselben Werke gerieth er auch
Idee, die fünf Distanzen der sechs damals bekannten
unter einander mit den fünf sogenannten Platonischen
(dem Tetraeder, Hexaeder, Oktaeder, Dodekaeder und
der) in Verbindung zu bringen, was ihm aber ebenso
als alle seine frühern Experimente, gelingen wollte.
gerieth er, wie er selbst erzählt, am 8ten März 1618
einfachen Gedanken, die verschiedenen Zahlen, welche
lauſszeiten der Planeten und die groſsen Axen ihrer
ausdrücken, in Beziehung auf ihre Potenzen zu unt
Er verglich daher auf Gerathewohl die Quadrate, Wü
Biquadrate dieser Zahlen, und unter andern auch selbst
drate der Umlauſszeiten mit den Würfeln der groſse
Aber auch hier konnte er nichts Befriedigendes finden
er endlich auch diese Speculation mit allen vorher
als nicht zum Zwecke führend, verwarf. Einige Wo
diesem letzten Versuche, als er zufällig wieder sein
von jenem Tage zur Hand nahm, glaubte er sich d
erinnern, daſs er damals, von seiner hastigen Ungedu
ben, sehr schnell gerechnet und sich, wie es dem
Manne auch sonst oft genug widerfuhr, auch wohl
haben könnte. Er nahm daher am 15ten Mai dessel
res diese Rechnungen noch einmal vor, verfuhr jetzt
tiger, und fand bald, daſs sein letzter Verdacht g
früheren Arbeiten nur zu gegründet gewesen war. G
ersten Vergleichungen zeigten ihm, *daſs die Qua*
Umlauſszeiten bei allen Planeten *sich wie die Wür*
mittleren Entfernungen von der Sonne verhalten.
cher Freude diese Entdeckung des *dritten Kepler'sc*
setzes begleitet war, muſs man in seinem Werke (*H*
mundi p. 189) selbst nachlesen.

Durch diese drei Gesetze, zu deren Auffindung
ausgezeichnetsten Geister sein ganzes mühvolles un
schweres Leben verwendet hatte, lassen sich nun di
lichen Bewegungen unseres Sonnensystems, sofern
der reinen Ellipse angehören, vollständig erklären.

Jahrhunderten angestellten Beobachtungen haben die Wahr-
dieser Gesetze in einem solchen Maſse bestätigt, wie wohl
wenige unserer sogenannten menschlichen Wahrheiten be-
t seyn mögen. Jahrtausende sind über dem Menschenge-
hte dahingezogen, während welcher diese Gesetze, mit
ügen in den Bahnen jener leuchtenden Kugeln am Him-
geschrieben, uns allen unlesbar geblieben sind, bis es end-
inem vorzüglich begabten, glücklichen Mann gelang, diese
zu entziffern und dadurch seinen eigenen Namen mit
unvergänglichen Charakteren in den gestirnten Himmel
agen. Dort wird man diesen Namen noch in spätester
it mit Ehrfurcht lesen, und die dankbare Nachwelt wird,
ge sie den Sinn für Wissenschaft bewahrt, auch das An-
an einen der seltensten und gröſsten Menschen bewah-
er dem Glücke, den Verhältnissen, der Protection der
nichts, sondern alles nur sich selbst, seinem Genie
ner unermüdlichen Ausdauer verdankte, dessen Anden-
ch leben und dessen Gesetzbuch noch bestehn wird,
er Codex Justinian's und der Napoleon's längst schon
n, und das seiner ganz unwürdige Denkmal von Back-
längst schon in Staub zerfallen seyn wird, durch wel-
r Fürst Primas von Dalberg der Schmach des Landes,
en groſsen Mitbürger im Leben verhungern lassen und
em Tode vergessen konnte, wieder aufzuhelfen geruhn

'abellarische Darstellung des Welt-systems.

Schlusse dieses Gegenstandes geben wir nun die ta-
e Zusammenstellung der *Elemente unseres Planeten-*
wie sie aus den neuesten Beobachtungen und Berech-
erselben hervorgegangen ist. Wir suchten dabei vor-
e schöne Darstellung zu benutzen, die Baily in sei-
ronomical Tables" und nach ihm noch sorgfältiger
n dem Jahrbuche für das Jahr 1837 gegeben hat. Da
ente die Basis aller unserer Planetenberechnungen sind,
, wie wir vertrauen, den Lesern interessant seyn,
eine vollständige, sondern auch zugleich eine mög-
ne Aufzählung aller dieser Elemente mit den daraus

Digitized by Google

entspringenden nächsten Folgerungen hier vor ihren aufgestellt zu sehn.

Tafel I. Mittlere Entfernungen von der S
Theilen der halben groſsen Axe der Erdb

Mercur	0,3870938
Venus	0,7233317
Erde	1,0000000
Mars	1,5236910
Vesta	2,36148
Juno	2,66946
Ceres	2,77091
Pallas	2,77263
Jupiter	5,202767
Saturn	9,538850
Uranus	19,182390

Der sogenannte *Halbmesser* oder eigentlich die *hal* *Axe* der Erdbahn (oder die mittlere Entfernung der E der Sonne), die hier als Einheit angenommen wurde. 20665840 geographische Meilen, diese Meile zu 3 Par. Toisen oder zu 22815,715 Par. Fuſs gerechnet. man daher die Zahlen der Tafel I. durch 20665840 cirt, so erhält man die mittlern Entfernungen der Plan der Sonne in geographischen Meilen. Wenn man d dieser Tafel durch $\frac{1}{2\,\mathrm{Sin.}\,8'',578} = 12022$ multiplicirt hält man diese mittleren Entfernungen der Planeten durchmessern ausgedrückt, multiplicirt man sie aber dur oder durch 107,7, so erhält man jene Entfernungen in durchmessern ausgedrückt.

Digitized by Google

…II. Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne, in mittleren Sonnentagen ausgedrückt.

	Siderische	Tropische	Synodische
	87,96928 Tage	87,96846 Tage	115,88 Tage
	224,70078	224,69543	583,92
	365,25637	365,24222	— —
	686,97964	686,92971	779,98
	1325,485	1325,298	504,21
	1593,067	1592,797	473,92
	1684,735	1684,434	466,38
	1686,305	1686,003	466,26
	4332,58480	4330,59317	398,90
	10759,21981	10746,93761	378,10
	30686,82055	30586,90839	369,67

…rische Revolution ist die Umlaufszeit in Beziehung auf …sterne oder auf einen festen Punct des Himmels. In … einer solchen Revolution legt daher der Planet volle …de um die Sonne zurück. Die tropische Revolution … Umlaufszeit in Beziehung auf die Nachtgleichenpuncte, … synodische endlich in Beziehung auf die Sonne. Da …gleichen in unseren Zeiten jährlich um 50″,224 rück- … gen West zurückweichen, und da die Sonne in ih- …ren tropischen Bewegung täglich

$$\frac{360}{365,24222} = 0°,985644 = 0° 59' 8'',318$$

West gen Ost vorrückt, so ist die Wiederkunft zu den …gleichen oder die tropische Revolution bei allen Planeten, … synodische bei den sieben letzten kleiner, als die si-…

Tafel III. Umlaufszeiten der Planeten in J… Tagen, Stunden u. s. w. der mittleren So… zeit ausgedrückt.

	Siderische	Tropische	Synod…
Mercur	87 Tag 23^h 15′ 46″	87 T. 23^h 14′ 35″	11…
Venus	224 T. 16^h 49′ 7″	224 T. 16^h 41′ 25″	1 Jahr 21…
Erde	365 T. 6^h 9′ 10″,7496	365 T. 5^h 48′ 47″,8091	—
Mars	1 J. 321 T. 17^h 30′ 41″	1 J. 321 T. 16^h 18′ 47″	2 Jahr 4…
Vesta	3 J. 229 T. 17^h 38′ 0″	3 J. 229 T. 13^h 9′ 0″	1 Jahr 13…
Juno	4 J. 132 T. 1^h 36′ 0″	4 J. 131 T. 19^h 8′ 0″	1 Jahr 10…
Ceres	4 J. 223 T. 17^h 38′ 0″	4 J. 223 T. 10^h 25′ 0″	1 Jahr 10…
Pallas	4 J. 225 T. 7^h 19′ 0″	4 J. 225 T. 0^h 4′ 0″	1 Jahr 10…
Jupiter	11 J. 314 T. 20^h 2′ 7″	11 J. 312 T. 20^h 14′ 10″	1 Jahr 3…
Saturn	29 J. 166 T. 23^h 16′ 32″	29 J. 154 T. 16^h 30′ 10″	1 Jahr …
Uranus	84 J. 5 T. 19^h 41′ 36″	83 J. 271 T. 3^h 48′ 5″	1 Jahr …

Die Jahre dieser Tafel sind die sogenannten Julianisch… von 365¼ Tagen oder 365 T. 6^h mittl. Zeit, wie sie i… Kalendern gebraucht werden, wo immer von drei auf… folgenden gemeinen Jahren jedes 365 und das nächste … Schaltjahr 366 ganze Tage hat.

Tafel IV. Mittlere tägliche tropische… wegung.

Mercur	4°	5′	32″,6
Venus	1	36	7,8
Erde	0	59	8,318
Mars	0	31	26,7
Vesta	0	16	17,9
Juno	0	13	33,7
Ceres	0	12	49,4
Pallas	0	12	48,7
Jupiter	0	4	59,3
Saturn	0	2	0,6
Uranus	0	0	42,4

Die Zahlen dieser Tafel folgen unmittelbar aus den tr… Revolutionen der Tafel II oder III. Sie sind übrigens… auch die tropischen und synodischen Umlaufszeiten de… ten, mit der Folge der Jahrhunderte etwas veränderlic…

Digitized by Google

ein wenig, daſs man diese Aenderungen während ei- gern Zeit ohne Nachtheil unberücksichtigt lassen kann. z. B. die in Taf. II oder III aufgeführte tropische Um- it der Erde in jedem folgenden Jahrhundert um 0″,595, mit jedem Jahre um 0″,00595 kürzer, als es jetzt ist, aber Zeit wird diese Abnahme wieder in ein Wachsthum . Die siderischen Umlaufszeiten aber, so wie die hal- ben Axen der Bahnen, die in Taf. I aufgeführt sind, für alle Zeiten unveränderlich.

e nun folgenden, ebenfalls veränderlichen Elemente der V bis XI gelten bei den sechs älteren Planeten für das 00 den 1sten Januar um 0 Uhr mittlerer Zeit oder für ern Mittag in Paris, bei den vier neuen Planeten aber l den 23. Juli 0 Uhr mittlerer Zeit in Berlin.

el V. Mittlere Längen oder Epochen der Planeten.

Mercur	112	16′	4″,8
Venus	146	44	55,8
Erde	100	53	29,9
Mars	233	5	33,9
Vesta	84	47	3,2
Juno	74	39	43,6
Ceres	307	3	25,6
Pallas	290	38	11,8
Jupiter	81	54	48,6
Saturn	123	6	29,3
Uranus	173	30	37,2

e der beiden letzten Tafeln wird man die *mittlere* dieser Planeten für jede gegebene Zeit t bestimmen , indem man die seit der Epoche verflossenen Tage in en der Taf. IV multiplicirt und das Product zu der Zahl . V addirt, wenn die Zeit t nach der Epoche folgt, oder rt, wenn sie der Epoche vorhergeht.

Digitized by Google

Tafel VI. Verhältnisse der Excentricität
Planetenbahnen zu ihren halben groſsen

	Excentricität für 1800	Säculäre Aenderung
Mercur	0,205616	+ 0,0000038
Venus	0,006862	— 0,0001088
Erde	0,016792	— 0,0000430
Mars	0,093217	+ 0,0000900
Vesta	0,08856	— —
Juno	0,25556	— —
Ceres	0,07674	— —
Pallas	0,24200	— —
Jupiter	0,048162	+ 0,0001535
Saturn	0,056150	— 0,0003100
Uranus	0,046611	— 0,0000260

Die Zeichen + deuten eine Vermehrung, die — aber nahme der Excentricität an. So wird die Excentri Erdbahn im J. 1900 gleich 0,016749 seyn, wie sie 1700 gleich 0,016835 war. Bei den vier neuen Planete Veränderung der Excentricität noch nicht genau bekan Zahlen dieser Tafel setzen die halbe groſse Axe ei Planetenbahn als Einheit voraus, oder sie geben das niſs der Excentricität (d. h. der Distanz des Mittelpu Ellipse von jedem ihrer Brennpuncte) zu der halben Axe der einzelnen Bahnen. Multiplicirt man demnach len dieser Tafel durch die Zahlen der Tafel I, so erl zum Producte diese Distanz des Mittelpuncts der Ellipse Brennpuncte, in Theilen der halben groſsen Axe der ausgedrückt, und daher auch in geogr. Meilen, wenn letzte Product wieder durch 20665840 multiplicirt.

Digitized by Google

VII. Gröſste Mittelpunctsgleichungen der Planeten.

Mercur	23°	40′	43″,0
Venus	0	47	10,8
Erde	1	55	27,6
Mars	10	41	33,3
Vesta	10	9	26,7
Juno	29	30	42,4
Ceres	8	47	58,2
Pallas	27	55	22,2
Jupiter	5	31	13,6
Saturn	6	26	12,1
Uranus	5	20	32,8

ttelpunctsgleichungen sind die gröſsten Abweichungen, ie der wahre Planet vor seinem mittlern Orte voraus oder zurück seyn kann, oder sie sind die gröſstmögli-enzen zwischen den wahren und mittlern Längen. Sie folgen unmittelbar aus den Zahlen der Taf. VI. nämlich e das Verhältniſs der Excentricität zur hal-Axe, wie sie die Taf. VI giebt, so ist die gröſste u des Mittelpuncts

$$u = 2e + \frac{11}{48} e^3 + \frac{599}{5120} e^5 + \frac{17219}{229376} e^7 + \dots$$

VIII. Länge des Periheliums der Planetenbahnen.

Perihelien			Säculäre Aenderung siderisch	Säculäre Aenderung tropisch
74°	20′	5″,8	581″	5603″
123	43	6,0	— 324	4698
99	30	28,6	1125	6147
332	22	51,2	1546	6568
249	11	37,0	—	—
54	17	12,3	—	—
147	41	23,5	—	—
121	5	0,3	—	—
11	7	38,0	665	5687
89	8	20,0	1931	6953
167	30	24,0	228	5250

Das Zeichen — bei der Venus zeigt an, daſs das F
Venusbahn siderisch rückwärts oder von Ost gen W

Tafel IX. Länge des aufsteigenden Kn Bahnen in der Ekliptik.

				säculäre Aender	
				siderische	tropis
Mercur	45°	57′	9″	—1007″	421
Venus	74	51	41	—2050	297
Erde	—	—	—	—	—
Mars	47	59	38	—2522	250
Vesta	103	20	28	—	
Juno	170	52	34	—	
Ceres	80	53	50	—	
Pallas	172	38	30	—	
Jupiter	98	25	45	—1590	343
Saturn	111	56	7	—1954	306
Uranus	72	59	21	—3605	141

Das Zeichen — bedeutet eine rückgängige oder we
wegung der Knoten.

Tafel X. Neigungen der Bahnen geg Ekliptik.

				säculäre Aenderung
Mercur	7°	0′	5″,9	+ 18″,4
Venus	3	23	28,5	+ 7,2
Erde	—	—	—	—
Mars	1	51	6,2	— 1,3
Vesta	7	7	37,3	—
Juno	13	2	10,0	—
Ceres	10	36	55,7	—
Pallas	34	35	49,1	—
Jupiter	1	18	51,6	— 23,0
Saturn	2	29	35,9	— 15,0
Uranus	0	46	28,0	—

Das Zeichen — bedeutet eine Abnahme oder Verm
Neigung.

Digitized by Google

XI. Rectascension des aufsteigenden Kno-
us der Bahn und Neigung derselben gegen
n Aequator.

	Rectascension des Knotens			Neigung gegen den Aequator		
rcur	10°	29′	40″	28°	45′	8″
nus	7	58	56	24	33	21
de	—	—	—	23	27	55
rs	3	17	20	24	44	24
sta	18	8	12	22	50	16
no	11	1	17	10	47	0
res	23	30	40	27	7	40
llas	158	55	54	11	40	17
piter	3	17	12	23	18	28
turn	6	0	59	22	38	44
anus	1	51	12	23	41	24

XII. *Scheinbare* Durchmesser der Planeten von der Erde gesehn.

	mittlerer	gröſster	kleinſter
Mercur	6″,7	12″,0	4″,4
Venus	17,0	62,0	9,5
Erde	—	—	—
Mars	5,8	23,0	3,3
Vesta	0,3?		
Juno	2,0?		
Ceres	1,6?		
Pallas	2,6?		
Jupiter	38,4	46,0	30,0
Saturn	17,1	20,0	15,5
Uranus	3,9	4,0	3,8
Sonne	1921,8	1954,6	1890,1
Mond	1867,0	2011,0	1762,0

us dem Vorhergehenden die mittlere, gröſste oder ntfernung kennt, in welchen die Planeten von der Erde nen, so lassen sich aus den Zahlen dieser Tafel die urchmesser dieser Planeten so finden, wie sie die afel angiebt.

Tafel XIII. Verhältnisse des wahren Du[...] sers, der Oberfläche und des Volum[...] Planeten zu denen der Erde.

	Wahrer Durchmesser	Oberfläche	Volumen
Mercur	0,391	0,15	0,06
Venus	0,985	0,97	0,96
Erde	1,000	1,00	1,00
Mars	0,519	0,27	0,14
Vesta	0,03	0,001	0,00005
Juno	0,18	0,03	0,005
Ceres	0,20	0,04	0,008
Pallas	0,26	0,07	0,017
Jupiter	11,225	126,0	1414
Saturn	9,022	81,4	735
Uranus	4,344	18,9	82
Sonne	112,06	12560	1407500
Mond	0,264	0,0697	0,018

Die zwei letzten Columnen dieser Tafel folgen unmi[...] der ersten, da die Oberflächen der Kugeln sich wie [...] drate und die Volumina wie die Würfel der Durchm[...] ser Kugeln verhalten.

Tafel XIV. Masse, Dichtigkeit, Schwerk[...] der Oberfläche, Licht und Wärme, [...] tation der Planeten.

	Masse, die der Sonne = 1	Dichtigkeit, die der Erde = 1	Schwerkraft, die der Erde = 1	Licht und Wärme
Mercur	$\frac{1}{2025810}$	2,94	1,15	6,67
Venus	$\frac{1}{401847}$	0,92	0,91	1,91
Erde	$\frac{1}{354936}$	1,00	1,00	1,00
Mars	$\frac{1}{2680337}$	0,96	0,50	0,43
Jupiter	$\frac{1}{1054}$	0,24	2,69	0,037
Saturn	$\frac{1}{3500}$	0,14	1,26	0,011
Uranus	$\frac{1}{17918}$	0,24	1,05	0,003
Sonne	1	0,25	28,01	—
Mond	$\frac{1}{37138530}$	0,62	0,16	1,00

einen Planeten R die mittlere Entfernung von der Sonne, Maſse, 2r der wahre Durchmesser, d die Dichtigkeit der Raum, welchen frei fallende Körper auf der Oberdieses Planeten in der ersten Secunde zurücklegen, und man für einen andern Planeten dieselben Gröſsen durch , 2r′, d′ und g′, so hat man

$$\frac{d'}{d}=\frac{m'r^3}{mr'^3} \text{ und } \frac{g}{g'}=\frac{m'r^2}{mr'^2}=\frac{d'r'}{dr}$$

Einfluſs des Lichts und der Wärme ist

$$\frac{W}{W'}=\frac{R^2}{R'^2}.$$

Erde ist g = 15,098 Par. Fuſs = 4,9045 Meter, und vorhergehenden Tafeln R = d = 2r = 1.

---

den vorhergehenden Tafeln lassen sich nun auch die Zusammenstellungen leicht ableiten. Da man aber nur selten zu eigentlich astronomischen Rechnungen , sondern da sie mehr eine allgemeine Uebersicht unetensystems geben sollen, so wurden sie in bloſsen runden Zahlen aufgeführt, um so mehr, da bei den Kenntnissen dieses Systems die letzten Ziffern dieser nicht wohl bestimmt verbürgt werden können. Zum Verständniſs des Folgenden wollen wir aber einige vorBetrachtungen vorausschicken.

die in Halbmessern der Erdbahn gegebenen Gröſsen l in anderen kleineren Maſsen, z. B. in Halbmessern , in Meilen oder Toisen u. s. w. auszudrücken, muſs die Verhältnisse dieser verschiedenen Maſse unter bestimmen[1].

gleicht man die zwei neuesten, mit vorzüglicher Sorgssenen Meridianbogen, in Frankreich durch Delambre Lappland durch Svanberg, so findet man unter der tzung, daſs die Erde ein Rotationssphäroid (oder ein Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstandeer) ist, für die halbe groſse Axe dieses Sphäroids

---

[1] ig von diesen abweichende Bestimmungen findet man Art. III. S. 930. Vergl. Art. *Maſs*. Bd. VI. S. 1261.

Digitized by Google

a = 3271691 Toiſen und für die halbe klei
b = 3260964 . . .,

wo die Toiſe die ſogenannte *Toiſe de Perou* iſt, derei
Theil den k. Par. Fuſs bildet, und wo man hat

Meter = 3,078444 Par. Fuſs
englischer Fuſs = 0,9382944 — —
rheinl. Fuſs = 0,9661806 — —
Wien. Fuſs = 0,9731250 — —

Aus jenen Werthen von a und b folgt die Abpl
Erde

$$\alpha = \frac{a-b}{b} = \frac{1}{304}$$

und die Excentricität derſelben

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{a^2-b^2}{a^2}} = 0{,}081\,.$$

Für dieſe Ellipſe, deren halbe groſse und kleine Axe
ſind, hat man

$$\text{Peripherie der Ellipſe} = \frac{2b^2\pi}{a}\left[1 + \tfrac{3}{4}\varepsilon^2 + \frac{45\varepsilon^4}{64}\right.$$

$$\text{Fläche der Ellipſe} = ab\pi,$$

wenn man die ſechsten und höheren Potenzen der se
Gröſse vernachläſsigt und $\pi = 3{,}1415926..$ ſetzt. Für d
roid aber, das durch die Umdrehung dieſer Ellipſe
kleine Axe 2b entſtanden iſt, iſt

$$\text{die Oberfläche des Sphäroids} = 4b^2\pi\,[1 + \tfrac{2}{3}\varepsilon^2 + \tfrac{1}{5}\varepsilon$$
$$\text{und das Volumen deſſelben} = \tfrac{4}{3}a^2b\pi.$$

Setzt man in dieſem Ausdrucke a = b, ſo erhält man
Kreis des Halbmeſſers a

$$\text{Peripherie} = 2a\pi,$$
$$\text{Fläche} = a^2\pi$$

und für die Kugel

$$\text{Oberfläche} = 4a^2\pi,$$
$$\text{Volumen} = \tfrac{4}{3}a^3\pi, \text{ wie bekannt.}$$

Aus den oben angegebenen Werthen von a und b für d
ſphäroid, verbunden mit den letzten analytiſchen A
ken, folgt, daſs der Halbmeſſer eines Kreiſes, der m
elliptiſchen Meridian einerlei Umfang hat, 3266330
und daſs der Halbmeſſer R einer Kugel, die mit dem

Digitized by Google

Erdsphäroid, dessen Halbaxen a und b sind, einer-
... oder körperlichen Inhalt hat, $\sqrt[3]{a^2 b} = 3268111$
beträgt.

... man also die Erde als eine Kugel an, deren Halb-
gleich der letzten Zahl oder gleich 3268111 Toi-
... so ist die Länge der Peripherie eines gröſsten Kreises
Kugel

$$2 R \pi = 20534143 \text{ Toisen},$$

... dessen 5400ster Theil oder die sogenannte geogra-
Meile, deren 15 auf einen jeden Grad dieses Kreises

Meile $= 3802{,}6191$ Tois. $= 22815{,}7146$ Par. Fuſs
... auch der Halbmesser jener Kugel gleich

$$\frac{3268111}{3802{,}6191} = 859{,}4366 \text{ geogr. Meilen},$$

... auch die Oberfläche dieser Kugel

$$R^2 \pi = 134215710 \text{ Millionen Quadrattoisen}$$
$$= 9281916 \text{ Quadratmeilen},$$

... das Volumen dieser Erdkugel

$$\ldots \pi = 146210540 \text{ Billionen Kubiktoisen}$$
$$= 2659073060 \text{ Kubikmeilen beträgt.}$$

... in dem Folgenden die Gröſsen und die Entfernun-
...mlischen Körper mit den Dimensionen unserer Erde
... wollen, so wird es zweckmäſsig seyn, sich von
... der letztern vorerst einige näher bestimmte Begriffe
...ffen.

z. B. das *Gewicht* der ganzen Erdmasse wenigstens
... zu schätzen, so wiegt bekanntlich ein Par. Ku-
...ines Regenwasser 61,316 Wiener Pfunde, also auch
...kmeile (die Meile, wie oben, zu 22815,7146 Par.
...hlt) 7282590 Millionen Wiener Centner. Eine Was-
... von gleichem Volumen mit der Erde würde demnach

19364940000 Billionen Wiener Centner

und da, nach Maskelyne's und Cavendish's Mes-
die Dichte der Erde zu der des Wassers sich wie 9
hält, so wiegt die ganze Erde

87142230000 Billionen Wien. Centner.

...wir an, daſs ein Sandkorn eine Pariser Linie lang,

breit und hoch sey, so würde, wenn der Zoll 10 Li
Fuſs 10 Zoll, also auch die Toise 600 Linien hat,
biktoise 216 Millionen, eine Kubikmeile 11876871
und die ganze Erde

31581 Quadrillionen

solcher Sandkörner enthalten. Um sich aber diese l
nur wieder einigermaſsen zu versinnlichen, wollen w
men, daſs man in jeder Zeitsecunde zehn solcher K
der groſsen Erdmasse abzählen könnte. Dann würd
einem Jahre von 365¼ Tagen 31557600000 Körner z
die ganze Anzahl von 31581 Quadrillionen Körne
1000757 Billionen Jahren abzählen können, oder man
den 6000 Jahren, die nach der gewöhnlichen Rech
sere Erde bestehn soll, noch nicht den 200billion
aller jener Sandkörner gezählt haben. Und doch ist
nur einer der kleineren der uns bekannten Himmelsk
man z. B. aus dem Körper Saturns 735, aus dem
1414 und aus dem der Sonne sogar 1407100 solc
die an Gröſse unserer Erde gleich sind, machen kön
selbst die Durchmesser dieser gewaltigen Körper s
nur als sehr klein zu achten, wenn man sie mit de
Distanzen vergleicht, welche diese Körper unseres P
stems von einander trennen. So beträgt der Hal
Sonne, wie wir in der vorhergehenden Tafel XIII g
ben, 112 Erdhalbmesser, während die Entfernung d
puncts der Sonne von dem der Erde 220, von Ju
und von Uranus 4340 Sonnenhalbmesser, also die
stanz 486080 Erdhalbmesser oder über 400 Milli
beträgt. Und selbst diese Distanzen, so ungeheu
auch erscheinen mögen, was sind sie gegen die En
jener anderen Himmelskörper, die in zahlloser, v
wahrhaft unendlicher Menge jenseit der Grenzen uns
nengebietes den endlosen Weltenraum erfüllen! D
dieser *Fixsterne* ist wenigstens 200000mal weiter, al
von der Sonne entfernt, oder die Distanz desselbe
beträgt wenigstens vier Billionen Meilen. Das Lich
Geschwindigkeit die gröſste ist, die wir in der Na
gelernt haben, legt den Weg von der Sonne zur E
den Weg von mehr als 20 Millionen Meilen) in
13 Sec. zurück. Die gröſste Geschwindigkeit ei

Digitized by Google

ter den günstigsten Umständen segelnden Schiffes beträgt Fuſs in einer Secunde oder nahe 100 Meilen in einem Ein solches Schiff würde daher, um die Entfernung der ne der Sonne zurückzulegen, volle 580 Jahre brauchen. s Licht aber, mit seiner uns ganz unbegreiflichen Geigkeit von 957 Millionen Fuſs in einer Secunde, würde nächsten, vier Billionen Meilen von uns entfernten erst in drei Jahren erreichen. Aus diesem Fixstern Durchmesser der ganzen Erdbahn (oder eine gerade 40 Millionen Meilen), wenn sie senkrecht auf der nie nach diesem Stern steht, nur unter dem sehr kleikel von einer Secunde erscheinen. Allein es giebt hlige andere Fixsterne, aus welchen dieselbe gerade unter dem Winkel von $\frac{1}{100}$ Secunde erscheint, und von diesen Sternen beträgt über 400 Billionen so daſs das Licht die Distanz von ihnen bis zu uns vollen drei Jahrhunderten zurücklegen kann. Es wird hlige solche Himmelskörper geben, deren Licht in Jahren, seit welchen die Erde da seyn soll, noch genug gefunden hat, von diesen Sternen bis zu uns gen. Von vielen derselben wird das Licht, seiner wahrlichen Geschwindigkeit ungeachtet, vielleicht erst andern Jahrtausenden auf der Erde ankommen; un- Nachkommen erst werden den Himmel mit solbedeckt sehn, die lange vor uns schon an ihm haben, und wir selbst sehn vielleicht noch mehrere glänzen, die vor Jahrtausenden schon verschwunden durch diese ganze Zeit das Licht dieser bereits schenen Himmelskörper noch auf ihrer Reise zur eilte.

Vorhergehende wird genügen, die Zahlen der nun Tafeln wenigstens einigermaſsen nach ihrem wahren schätzen.

Tafel XV. Durchmesser der Planeten in Meilen, die Meile zu 22816 Par. Fuſs ge

	Meilen		Meilen
Mercur	672	Ceres	340?
Venus	1694	Pallas	450?
Erde	1720	Jupiter	19307
Mars	893	Saturn	15518
Vesta	50?	Uranus	7472
Juno	300?	Sonne	192740
		Mond	454

Tafel XVI. Excentricität der Planetenba Theilen des Halbmessers der Erdbahn geogr. Meilen.

	In Halbmessern der Erdbahn	In geogr. Meilen
Mercur	0,0796	1645000
Venus	0,0050	103000
Erde	0,01679	347000
Mars	0,1420	2935000
Vesta	0,2092	4324000
Juno	0,6823	14100000
Ceres	0,2125	4391000
Pallas	0,6710	13867000
Jupiter	0,2508	5183000
Saturn	0,5351	11058000
Uranus	0,8939	18473000

Wenn man die Zahlen der Tafel I durch die er der Tafel VI multiplicirt, so erhält man die ersten Tafel XVI, und diese Producte wieder durch 2066 tiplicirt geben die zweiten Zahlen der Tafel XVI.

Digitized by Google

XVII. Mittlere, gröſste und kleinste Distanz der Planeten von der Sonne in geogr. Meilen.

	mittlere	gröſste	kleinste
Mercur	8000000	9645000	6355000
Venus	16348000	16451000	16245000
Erde	20666000	21013000	20319000
Mars	31489000	34424000	28554000
Vesta	48803000	53127000	44479000
Juno	55168000	69268000	41068000
Ceres	57263000	61654000	52872000
Pallas	57298000	71165000	43431000
Jupiter	107521000	112704000	102338000
Saturn	197129000	208187000	186071000
Uranus	396423000	414896000	377950000

...n der Tafel I, durch 20666000 multiplicirt, geben ... Zahlen dieser Tafel XVII. Addirt und subtrahirt ... von diesen Producten die zweiten Zahlen der Tafel ... erhält man die zweiten und dritten Zahlen dieser

XVIII. Entfernungen von der Sonne in Sonnenhalbmessern.

	mittlere	gröſste	kleinste
Mercur	83,7	100,9	66,5
Venus	156,4	157,4	155,3
Erde	216,2	219,8	212,5
Mars	329,4	360,1	298,7
Vesta	510,6	556,0	465,2
Juno	577,2	724,1	430,4
Ceres	598,2	645,2	645,2
Pallas	598,4	745,0	451,9
Jupiter	1124,3	1178,5	1070,1
Saturn	2061,8	2175,0	1948,6
Uranus	4146,8	4340,0	3953,3

Digitized by Google

Tafel XIX. Entfernungen von der Erde in Millionen geogr. Meilen.

	In der oberen Conjunction			In der Opposit unteren Conju	
	mittlere	gröſste	kleinste	mittlere	gröſste
Mercur	28	30	26	12	14
Venus	34½	35	34	5½	6
Mars	50	54	47	10	14
Vesta	69	74	64	28	33
Juno	75	90	61	34	49
Ceres	77	82	72	36	41
Pallas	77	92	63	36	51
Jupiter	125	130	120	84	90
Saturn	212	223	201	172	183
Uranus	406	424	388	366	385

Um die Zahlen dieser Tafel zu erhalten, werden in Conjunction die gröſsten und kleinsten Zahlen der T zu der Zahl 20 und 21 addirt, und in der Oppositi dieselben Zahlen 20 und 21 von denselben gröſsten u sten Zahlen der Tafel XVII subtrahirt.

Tafel XX. Oberflächen der Planeten in Quadratmeilen.

Mercur	1392000
Venus	9003000
Erde	9282000
Mars	2506000
Vesta	9282
Juno	278000
Ceres	371000
Pallas	650000
Jupiter	1169406000
Saturn	755555000
Uranus	175151000
Sonne	116582000000
Mond	646900

Digitized by Google

…XXI. Volumen der Planeten in geogr. Kubikmeilen.

Mercur	159544000
Venus	2552707000
Erde	2659073000
Mars	372270000
Vesta	13000
Juno	13295000
Ceres	21273000
Pallas	45204000
Jupiter	3759924980000
Saturn	1954416450000
Uranus	218043740000
Sonne	3741577397000000
Mond	47263000

…XXII. Geschwindigkeiten der Planeten und Fall derselben gegen die Sonne.

Mittlere Geschwindigkeit in einer Zeitsecunde		Fall gegen die Sonne in einer Zeitsecunde
6,7 geogr. Meilen	153000 Par. Fuſs	8,46 Par. Linien
4,9	112000	2,42
4,1	93544	1,27
3,4	77000	0,55
2,7	62000	0,20
2,6	59000	0,20
2,5	57000	0,20
2,5	57000	0,20
1,7	38800	0,047
1,3	30000	0,014
1,0	22800	0,003

…hlen dieser Tafel geben die ersten den Weg, welchen … mit seiner mittleren Bewegung um die Sonne in …unde beschreibt, und die zweiten den Weg, um

Digitized by Google

welchen sich der Bogen seiner Bahn während einer Zei
im Mittel der Sonne nähert oder von der Tangente di
gens sonnenwärts entfernt.

Tafel XXIII. Lage der Planetenbahnen geg Sonnenäquator.

	Rectascension des aufst. Knotens der Bahn auf dem Sonnenäquator		Neigung der Bahn gegen den Sonnenäquator	
Mercur	316°	51′	2°	54′
Venus	242	45	4	9
Erde	248	0	7	30
Mars	254	21	5	50
Vesta	180	33	4	28
Juno	197	3	16	28
Ceres	208	43	3	43
Pallas	182	19	37	8
Jupiter	242	5	6	24
Saturn	231	12	5	57
Uranus	247	30	6	44

Tafel XXIV. Masse und Dichtigkeit der P und Schwere auf ihrer Oberfläche

	Masse	Dichte	Schwere
Mercur	0,17	14,4	17,4 Par. Fu
Venus	0,88	4,5	13,7
Erde	1,00	4,9	15,098
Mars	0,132	4,8	7,55
Jupiter	336,75	1,2	40,0
Saturn	101,41	0,7	19,4
Uranus	19,81	1,2	15,86
Sonne	354940	1,22	422,8
Mond	0,0114	3,04	2,42

Für die Verhältnisse der Massen ist die Masse der
für die der Dichtigkeiten ist die Dichtigkeit des W
Einheit angenommen worden. Die Schwere ist d

Digitized by Google

welchen ein Körper auf der Oberfläche des Planeten ersten *Secunde* fällt (vergl. Taf. XIV).

Tafel XXV. Rotation der Planeten.

	Rotation in mittl. Sonnenzeit			Geschwindigkeit des Aequators in einer Secunde
Mercur	1 Tag	0h	5′	504 Par. Fuſs
Venus	0	23	21	1430
Erde	0	23	56,1	1422
Mars	1	0	37,3	798
Jupiter	0	9	55,45	39100
Saturn	0	10	29,3	33500
Uranus	—	—	—	—
Sonne	25	12	0,0	6272
Mond	27	7	43,2	22

XXVI. Geocentrische Bewegungen der Planeten.

Gröſste Elongation von der Sonne		Bogen der retrograden Bewegung		Dauer der retrograden Bewegung	Elongation am Anfang und Ende der retrograden Bewegung	
17°	50′	8°	33′	20 Tage	14°	20′
27	42	16	18	24	21	50
45	24	15	20	41	27	40
47	18	16	31	43	29	30
—	—	11	8	62	129	0
		19	30	81	145	30
—	—	10	0	119	115	0
—	—	6	48	137	109	10
—	—	3	36	151	103	30

wir in dem Vorhergehenden eine tabellarische Ueber- Hauptplaneten des Sonnensystems gegeben haben, gehn den Nebenplaneten (Satelliten oder Monden) der-

Digitized by Google

selben über, und betrachten unter diesen zuerst den S
der Erde oder den

Mond.

Bemerken wir zuerst, daſs dieser und alle anderen
ten sich ebenfalls in Ellipsen um ihre Hauptplanete
zwar so bewegen, daſs der Mittelpunct des Haup
den einen Brennpunct dieser Ellipse einnimmt. Dies
gung der Satelliten um ihren Hauptplaneten ist na
selben Gesetze, wie die der Hauptplaneten um die So
gulirt, daſs nämlich erstens der Radius Vector des Sat
gleichen Zeiten auch gleiche Flächen um den Haup
beschreibt, und daſs zweitens, wenn mehrere Satellite
denselben Hauptplaneten bewegen, die Quadrate der si
Umlaufszeiten sich wie die Würfel der groſsen A
Bahnen verhalten.

Die mittlere Entfernung der Mittelpuncte des M
der Erde, oder die halbe groſse Axe der elliptische
bahn, beträgt 51830 geogr. Meilen, also nahe 30,2
messer der Erde oder $\frac{1}{400}$ der mittleren Entfernung
von der Sonne; die gröſste Entfernung aber beträgt 5
die kleinste 48990 Meilen.

Die *Excentricität* der elliptischen Mondbah
0,054844 ihrer halben groſsen Axe, also 2842 Meile

Der *scheinbare Durchmesser* des Mondes ist:

der mittlere . . .	0° 31′ 7″
– gröſste . . .	0 33 31
– kleinste . . .	0 29 22.

Der *wahre Durchmesser* des Mondes ist 0,
durchmesser oder 454 Meilen, also ist auch die
des Mondes 0,0697 der Erdoberfläche oder gleich 646
dratmeilen und das *Volumen* des Mondes gleich
Erdvolumens oder gleich 47863000 Kubikmeilen.

Die *Masse* des Mondes ist $\frac{1}{87,73}$ der Erdmasse
Dichtigkeit der Mondmasse ist 0,62 der Dichte der
oder 3,04 der Dichte des Wassers.

Die *Schwere* auf der Oberfläche des Mondes ist
Schwere auf der Oberfläche der Erde oder die Kör

Digitized by Google

Oberfläche dieses Satelliten in der ersten Secunde durch Fuſs.

Der Halbmesser des Erdäquators erscheint von dem Mittelpunkte des Mondes aus unter dem Winkel

57′ 0″,9 in der mittl. Entfernung des Mondes von der Erde,
61 24,0 in der kleinsten – – – – – –
53 48,0 in der gröſsten – – – – – –

Winkel nennt man die *Horizontalparallaxe* des Mondes …satlor der Erde.

Die *siderische Revolution* des Mondes beträgt 27,321661 Sonnentage oder 27 Tage 7ʰ 43′ 11″,5; die *tropische* …ion aber ist 27, 321582 T. oder 27 T. 7ʰ 43′ 4″,7; die …sche 29, 530589 T. oder 29 T. 12ʰ 44′ 2″,9; die *ano*…*sche* 27, 554600 T. oder 27 T. 13ʰ 18′ 37″,4 und end… Revolution des Mondes in Beziehung auf die Knoten Bahn in der Ekliptik oder die sogenannte *Drachenrevo*…ion 27, 21222 T. oder 27 T. 5ʰ 5′ 36″.

… synodische Revolution ist die Zeit, die im Mittel … zwei nächsten Vollmonden oder auch zwischen zwei … Neumonden verläuft, also die Umlaufszeit des Mondes …ung auf die Sonne. Die anomalistische Revolution ist … zwischen zwei nächsten Durchgängen des Mondes … groſse Axe seiner Bahn oder sie ist die Zeit zwischen …fernen oder endlich auch zwischen zwei Erdnähen des … Für den 1sten Januar des Jahrs 1801 im mittlern … von Paris ist die mittlere Länge des Mondes gleich … 8′,3.

… Hülfe dieser tropischen Revolution und der für den … des Jahrs 1801 gegebenen Epoche wird man die mitt…ge des Mondes für jede andere Zeit bestimmen können. …che mittlere Bewegung des Mondes ist nämlich nach …hergehenden gleich

$$\frac{360}{27,321582} = 13^\circ,17640.$$

… dieses wichtige Element mit der gröſsten Schärfe zu …, muſs man die tropische Revolution noch auf mehrere …stellen kennen. Nach den neuesten Bestimmungen be… die mittlere tropische Bewegung des Mondes in 100 julia… Jahren (zu 365¼ Tagen) oder 36525 Tagen 1336 ganze … des Mondes und 307° 52′ 41″,6, also auch

481267,87822 Grade.

Dividirt man daher die letztere Zahl durch 36525, so e
für die genaue tägliche tropische Bewegung des Mond

13°,176396392,

oder

13° 10′ 35″,0270112.

Man muſs aber bemerken, daſs diese mittlere täglich
gung des Mondes wegen der Veränderlichkeit der Ex
der Erdbahn[1] ebenfalls etwas weniges veränderlich
daſs sie sich in der gegenwärtigen Zeit in 100 Jahren
10″,72 vergröſsert. Für dieselbe oben angeführte E
Januar 1801) ist die Länge der Erdnähe (Perigeum) de
bahn gleich 266° 10′ 7″,5, und die Länge des auf
Knotens der Mondbahn in der Ekliptik gleich 13° 53

Diese beiden Puncte des Himmels sind aber selb
einer bedeutenden Bewegung unterworfen. Die Bewe
groſsen Axe der Mondbahn in 100 julianischen Jahre
11 Umläufe und 109° 2′ 46″,6 siderisch von West n
ihre tägliche Bewegung ist also 6′ 41″,0 und sie volle
ren siderischen Umlauf am Himmel in 3232, 57534 T.
8 julian. Jahren 310 T. 13^h 48′ 29″. Aber auch ihre B
vermindert sich gegenwärtig in 100 Jahren um 50″,4
so ist auch die Knotenlinie der Mondbahn beweglich.
schreibt in 100 julian. Jahren 5 Umläufe 134° 9′ 57″,5
ihre tägliche Bewegung ist also 3′ 10″,64 von Ost ge
und sie vollendet ihren siderischen Umlauf in 6793,
oder in 18 julian. Jahren 218 T. 21^h 23′ 9″. End
mindert sich die Bewegung dieser Knotenlinie gegenw
100 Jahren um 6″,56.

Die *Neigung* der Mondbahn gegen die Ekliptik
47″,9. Die Neigung der Mondbahn gegen den Aequ
Erde aber ändert sich sehr stark, von 18° 19′ bis 2
19 Jahren, nämlich um das Doppelte der ersten Neig
5° 8′ 47″,9. Die Neigung des Mondäquators gegen die
tik endlich ist 1° 28′ 25″ und diese letztere Neigung ist
Zeiten unveränderlich.

Die oben erwähnte Bewegung der Knoten der M
auf der Ekliptik, so wie die Neigung der Mondbahn ge

---

1 Vergl. Art. *Mond.* Bd. VI. S. 2368.

Digitized by Google

..., die im Mittel 5° 8′ 47″,9 = 5°,1466 beträgt, sind, ...s erwähnten säculären, auch noch *periodischen* Aen... unterworfen, die von der Lage der Sonne und des ... selbst gegen diese Knoten abhängen. Nennt man ☉ ... der Sonne, ☾ die Länge des Mondes und ☊ die nach ...ergehenden für jede Zeit bestimmte Länge des Kno... Mondbahn, so ist die wahre Länge ☊′ dieses Kno...

$$= ☊ + 1°,51 \text{ Sin.} 2 (☉ - ☊) + 0°,12 \text{ Sin.} 2 (☾ - ☊) - 0°,11 \text{ Sin.} 2 (☾ - ☉)$$

... wahre Neigung N der Mondbahn gegen die Ekliptik

$$...,1466 + 0°,15 \text{ Cos.} 2 (☉ - ☊) + 0°,01 \text{ Cos.} 2 (☾ - ☊) - 0°,01 \text{ Cos.} 2 (☾ - ☉).$$

... schönen Entdeckung des Dom. Cassini wird die ...ge des Mondäquators für jede Zeit auf folgende Art ... Wenn man durch den Mittelpunct des Mondes eine ...recht auf seine Rotationsaxe legt (welche Ebene also ...quator seyn wird), und wenn man ferner durch den ...lpunct eine zweite Ebene parallel mit der Ekliptik ... eine dritte (die Mondbahn selbst) legt, so haben ... Ebenen, wenn man von den drei so eben angeführ... ...chen Ungleichheiten ☊′ — ☊ und N — 5°,1466 ... beständig *dieselbe Durchschnittslinie.* Die zweite ... Ebenen, die zwischen die beiden andern gelegt ..., bildet mit der ersten den Winkel 1° 28′ 25″ ... dritten den Winkel 5° 8′ 47″,9; der abstei... ...ten des Mondäquators mit der Ekliptik fällt immer ...ittleren aufsteigenden Knoten der Mondbahn in der ...sammen, und jene haben, so wie diese, eine re... Bewegung und eine siderische Umlaufszeit von ... Tagen. In dieser Zwischenzeit (von nahe 18 julian. ... 219 Tagen) beschreiben der Pol des Mondäqua... ...er Pol der Mondbahn kleine, der Ekliptik parallele ...e den Pol der Ekliptik einschließen, sodaſs diese ...immerwährend auf einem gröſsten Kreise des Him... befinden.

...mdrehungszeit des Mondes um seine Axe ist genau ...n Umlaufszeit des Mondes um die Erde gleich, also ... 27 T. 7^h 43′ 11″,5. Aus dieser Ursache kehrt uns ... auch immer dieselbe Seite zu, und die uns abge...

Digitized by Google

wendete bleibt für uns, bis auf die *Librationen*[1], in
borgen. Aus demselben Grunde ist also auch die vo
gewendete Seite des Mondes unserer Erde stets unsich

Der Mond erleidet von der Sonne sehr groſse p
Störungen. Die vorzüglichsten Störungen der Länge

1) Die *Evection.* Sie kann durch eine Ver
der Excentricität der Mondbahn in den Syzygien (
und Vollmonden) und durch eine Vergröſserung de
den Quadraturen vorgestellt werden. Diese Ungleic
bis auf 1° 16′ 28″ gehn.

2) Die *Variation* beträgt nahe 40 Minuten un
ren gröſsten Werth in den Octanten, verschwindet d
Syzygien und Quadraturen.

3) Die *jährliche Gleichung* geht bis 11,2 Min.
Periode ist dem Erdenjahre gleich.

Monde Jupiters.

Jupiter ist von *vier* Monden umgeben, deren
Umlaufszeiten und mittlere Entfernungen von Jupiter

	Sid. Umlaufszeit			Entfernung von Ju
I Satellit	1 Tag	18h	28′	6,049 Halbmesser Ju
II	3	13	14	9,623
III	7	3	43	15,350
IV	16	16	32	26,998.

Wenn Jupiter in seiner mittleren Entfernung von de
so erscheinen uns die Durchmesser dieser Monde unt
den Winkeln:

	Mittlere scheinbare Durchmesser dieser Monde
I . . .	1″,015
II . . .	0,911
III . . .	1,488
IV . . .	1,273.

Daraus folgen die vom Jupiter aus gesehenen scheinbar
messer derselben:

---

1 Vergl. Art. *Mond.* Bd. VI. S. 2387.

Digitized by Google

I . . .	0°	31′	11″
II . . .	0	17	35
III . . .	0	18	0
IV . . .	0	8	46,

ich die wahren Durchmesser derselben

I . . .	530	geogr. Meilen
II . . .	470	— —
III . . .	780	— —
IV . . .	660	— —.

lgt aus dem Vorhergehenden, daſs die mittleren Ent- derselben von dem Mittelpuncte Jupiters oder daſs grofsen Axen ihrer Bahnen sind

I . . .	58000	Meilen
II . . .	93000	—
III . . .	148000	—
IV . . .	260000	—.

Massen dieser Monde hat man zu bestimmen gesucht. für dieselben:

se des I . . .	0,0000173	der Jupitersmasse
II . . .	0,0000232	—
III . . .	0,0000885	—
IV . . .	0,0000427	—.

e sind also alle gröſser als der Erdmond, besonders äuſsersten. Vom Jupiter gesehn erscheint der erste ſs, wie uns unser Mond, der zweite und dritte aber lb und der vierte nur den vierten Theil (im Durch- groſs, als uns der Mond[1].

Monde Saturns.

der groſsen Entfernung Saturns erscheinen uns die e desselben sehr klein, und sind uns deshalb auch r bekannt, als die Monde Jupiters. Der äuſserste e ist der gröſste von allen und wahrscheinlich nicht als Mars. Seine Bahn ist merklich gegen die Ebene geneigt, welcher den Saturn umgiebt, während die anderen sechs sehr nahe in dieser Ringebene liegen.

—

Art. *Nebenplaneten*. Bd. VII. S. 64.

Der sechste Satellit steht jenen auch an Gröſse nach;
folgenden sind schon viel kleiner, und die zwei innen
so klein, daſs sie nur durch die besten Fernröhre und
nur unter den günstigsten Umständen gesehn werden
Die siderischen Umlaufſzeiten und mittleren Entfernun
ser Monde von dem Mittelpuncte Saturns sind:

	sider. Umlaufſzeit				mittleren Entfernun
I ...	0 Tag	22^h	36′	18″	2,468 Halbmesser
II ...	1	8	53	3	3,208
III ...	1	21	18	0	5,284
IV ...	2	17	45	0	6,819
V ...	4	12	25	0	9,524
VI ...	15	22	41	25	20,706
VII ...	79	7	55	0	64,359.

Daraus und aus Taf. XV folgen die halben groſsen
Bahnen dieser Satelliten oder die

	mittleren Entfernungen
I ...	19170 Meilen
II ...	24910 —
III ...	40970 —
IV ...	52920 —
V ...	73870 —
VI ...	160710 —
VII ...	499430 —.

Die Bahnen des 3., 4., 5. und 7. Satelliten sind üb
sehr unvollkommen bekannt, besser aber die des 1.,
besten die des 6. Satelliten[1].

Monde des Uranus.

Der ältere Herschel glaubte sechs Satelliten
gesehn zu haben. Den 2ten und 4ten derselben,
Distanz vom Hauptplaneten gezählt, hat der jüngere
wieder gesehn, nicht so die vier anderen. Sie solle
genthümliche haben, daſs ihre Bahnen unter dem W
78° 58′ gegen die Ekliptik geneigt sind und daſs si
sen Bahnen nicht von West gen Ost, wie alle and

1 Vergl. Art. *Nebenplaneten* a. a. O. S. 74 und *Satur*
S. 163.

Digitized by Google

benplaneten unseres Systems, sondern daſs sie sich rück-
von Ost gen West, bewegen. Ihre siderischen Um-
und mittleren Entfernungen vom Uranus werden wie
angegeben[1]:

Revolution			mittl. Entfernung				
5T.	21h	25″	13,12	Halbm. d. Uranus	oder	49000	Meilen
8	16	56	17,02	—	— —	63600	—
10	23	4	19,84	—	— —	74200	—
13	11	9	22,75	—	— —	85100	—
38	1	48	45,51	—	— —	170200	—
107	16	40	91,01	—	— —	340400	—

Kometen.

Himmelskörper unterscheiden sich von den Planeten meistens schwach begrenzte, gewöhnlich in einen laufende Gestalt, ferner durch die groſse Excentricität ebenfalls sehr groſsen Neigungen ihrer elliptischen welchen sie ebenfalls und nach denselben Gesetzen, neten, um die Sonne laufen. Von den bisher ge- meten sind fast 150 berechnet worden. Allein da centrischen Bahnen in der Nähe des Perihels, wo noch sehn können, sehr nahe mit einer Parabel n, und da es unmöglich ist, aus einem so klei- ihrer Bahn die groſse Axe derselben durch Rech- Genauigkeit zu bestimmen, so hat man die Berech- in der viel einfacheren parabolischen Hypothese Nur vier von diesen Himmelskörpern, deren Bahn Nähe des Perihels noch von einer Parabel merk- t, konnte man auch in Beziehung auf ihre groſse auf ihre Umlaufszeit bestimmen. Ohne Zweifel ist Zahl der letztern noch beträchtlich gröſser und die überhaupt wahrscheinlich sehr groſs. Wir ver- das bereits hierüber Gesagte[2], und beschränken uns die nähere Angabe der vier erwähnten genauer be-

[1] Vgl. Art. *Nebenplaneten* a. a. O. S. 74 und *Uranus*. Bd. IX.

[2] Art. *Komet*. Bd. V. S. 917.

kannten Kometen. Diese sind: Halley's Komet von 7
Encke's von 3,3, Biela's von 6,7 und endlich Olbi
met von nahe 74 Jahren Umlaufszeit.

Von Halley's berühmtem Kometen hat man bereits 17
nungen aufgezählt, von welchen aber die 11 ersten höch
matisch sind. Die erste Erscheinung dieses Kometen soll
vor Chr. G. zur Zeit des Mithridates statt gefunden haben;
im J. 323 nach Chr. Geb. zur Zeit des Conciliums zu N
dritte im J. 399, zugleich mit dem ersten Auftreten d
len im südlichen Europa, mit denen man den Ko
Verbindung zu bringen wuſste. Die gleichzeitigen,
kirchlichen Geschichtschreiber des 4ten Jahrhunderts
ihn einen *Cometam prodigiosae magnitudinis*, *h*
aspectu et comam ad terram usque demittentem.
Erscheinung desselben soll auf das Jahr 547 fallen,
von Totilas geplündert wurde. Die fünfte fiel au
930; die sechste auf 1005; die siebente auf 1
achte auf 1155; die neunte auf 1231 und die zehn
Jahr 1305. Diese letzte Erscheinung soll allgemein
in Europa verbreitet haben. Der Komet dieses Jahre
ungeheuer groſs beschrieben, und ihm folgte unmit
verheerende Pest, welche unsern Welttheil sieben Jahr
mit Leichen bedeckte. Die 11te dieser apokryphi
scheinungen endlich soll in das Jahr 1380 gefallen s
die erwähnten Jahre passen allerdings in die oben
Periode von 76 Jahren, aber da es an allen eigentlic
achtungen aus jenen Zeiten fehlt und da die Komet
len sehr häufig erscheinen, so ist die Identität des H
Kometen für jene Epochen nichts weniger als consta

Wir gehn daher sofort zu den späteren, aber ge
scheinungen dieses Kometen über. Die erste dersel
vom Jahre 1456, wo er, nach den Zeugnissen gl
Schriftsteller, in den Sternbildern zwischen dem Stie
Löwen mit ungemeiner Pracht erschien. Sein Sc
eine Länge von 60 Graden und derselbe breitete
sein Ende fächerartig aus. In der That stand er a
wie spätere Rechnungen bestätigten, der Sonne un
sehr nahe und daher in für seine Sichtbarkeit von der
günstigen Verhältnissen. Uebrigens war zu derselben
im hohen Grade aufgeregt durch Sultan Mahomed II

Digitized by Google

früher Constantinopel erobert, dadurch dem griechischen
ein Ende gemacht hatte und nun drohte, mit sei-
chen Schaaren die Nachbarn zu überfallen. Die zweite
Erscheinung fällt in das Jahr 1531. Der berühmte
nom Apianus (Bienewitz) beobachtete ihn zu In-
und dieses sind überhaupt die eigentlich ersten wis-
chen Beobachtungen, die wir von Kometen erhalten
Zum dritten Male erschien der Halley'sche Komet im J.
wo er gegen das Ende Octobers seine Sonnennähe er-
dieses war die Zeit, wo Elisabeth in England und
IV. in Frankreich regierten und wo Kepler das Ge-
des Himmels entdeckte. Die besten Beobachtungen
scheinung sind von Kepler selbst, von Longomon-
tano, Harriot und Torporley. Die vierte Erschei-
auf das Jahr 1682, und jetzt wurde er erst von
Newton's Zeitgenossen, wissenschaftlich berechnet
ch erkannt, daſs dieser Himmelskörper nach Kepler's
eine elliptische Bahn um die Sonne beschreibe.
bestimmte die Elemente dieser Bahn, so wie er auch
dieses Kometen mit jenen von 1607 und 1531
erkannte, sondern auch constatirte, ja sogar die Wie-
desselben für das Jahr 1758 vorherverkündigte. Diese
scheinung fand auch in der That nur wenige Monate
, da der Komet am 12. März 1759 durch seine
ging und in diesem Jahre von allen Astro-
ropa's beobachtet wurde. Zum sechsten Male end-
chien er im J. 1835, wo ihn unsere Leser wahr-
alle gesehn haben, daher wir uns nicht länger dabei
[1].

zweite von den Kometen, deren Umlaufszeit bekannt
von dem berühmten Kometensucher Pons in Mar-
26. Nov. 1818 entdeckt und von Encke, der ihn
ern Berechnung unterwarf, als ein Komet von 3
115 Tagen Umlaufszeit erkannt. Er wurde schon
mal, in den Jahren 1786, 1795 und 1805, gesehn
chtet, ohne daſs man ihn als einen Kometen von so
Umlaufszeit erkannte. Dieser Komet erschien wieder

[1] Beiträge zu einer Monographie des Halley'schen Kometen,
Littrow. Wien 1834.

gegen Ende des Jahrs 1838, und zwar in einer für seine barkeit sehr vortheilhaften Stellung.

Der *dritte* jener Kometen ist derjenige, den Biela Februar 1826 entdeckt und dessen Umlaufszeit er erkan Er hat das Eigenthümliche, daſs er der Erde in ihrer Bah nur, sondern auch selbst dem Encke'schen Kometen sehr nahe kommen kann, da seine Bahn so gelegen ist sie der Erdbahn sowohl, als auch der Bahn dieses ten nahe vorbeigeht. Die säculären Aenderungen, diese beiden Kometenbahnen durch andere Planeten können dieses Nahestehn der Bahnen in der Folge de in ein Durchschneiden derselben verwandeln, und wenn einmal ereignen sollte, daſs dieser Komet zugleich mi der beiden andern Himmelskörper durch diesen Durchs punct der beiden Bahnen ginge, so würde ein Conflic Körper erfolgen, der auch wohl eine Zerstörung derselb beiführen könnte.

Der *vierte* jener Kometen endlich ist der, den am 6ten März 1815 entdeckte. Nach den Berechnun seine Umlaufszeit 75 Jahre betragen, so daſs wir gen das Jahr 1887 uns seines Wiederbesuchs zu erfreu ten. Da er nur klein und unansehnlich ist, so ist e lich, warum man ihn in frühern Zeiten nicht bemerkt

Znm Schlusse theilen wir hier noch die Elemen vier Kometen mit.

	Halley	Encke	Biela	
Zeit des Perihels	1759 März 12,59 m. Z. Paris.	1819 Januar 27,252	1826 März 18,222	181
Länge des Perihels	303°,167	157°,098	107°,925	149
aufst. Knoten	53°,836	334°,727	248°,700	83
Neigung	17°,620	13°,645	13°,210	44
halbe groſse Axe	18°,011	2°,213	3°,567	17
Excen-tricität	0,967	0,849	0,741	
Umlaufs-zeit	76 Jahre	3,292 Jahre	6,74 Jahre	
Bewegung	retrograd	direct	direct	

Digitized by Google

Wetterleuchten.

Fulguratio; Éclair sans tonnerre, Éclair de ...ur; *Lightning, Lightning without Thunder,* ...*cations of Light.*

...durch bezeichnet man ein am Himmel sich zeigendes, ... von Wolken ausgehendes, elektrisches Leuchten, wo... häufig ungewiſs bleibt, ob es von entfernten Blitzen ..., deren Donner nicht gehört wird, oder ein für sich be... Phänomen ist. Fände der erstere Fall statt und wäre ...nannte Wetterleuchten nichts anders, als das Sichtbar... sehr entfernter Blitze, so könnte dem Phänomene keine ... Untersuchung gewidmet werden, sondern dasselbe ... unter den bereits mitgetheilten Artikel *Blitz;* es sind ...ügende Gründe vorhanden, ein für sich bestehendes ... anzunehmen, welches wir zu zeigen und dann das ... desselben näher zu erläutern uns bemühn werden.

... man den Donner sehr weit entfernter Blitze nicht hört, ... den Lichtschein derselben, auch ohne vorhandene ..., oft am völlig klaren Himmel, hauptsächlich in dun...ichten, sehr deutlich wahrnimmt, so läſst sich nicht al...stimmt angeben, ob das wahrgenommene Phänomen ein ... bloſses Wetterleuchten sey; es giebt aber eine Menge ...en, welche unwidersprechlich darthun, daſs das letz... für sich als selbstständiges Phänomen statt finde. ... Griechen und Römer erwähnen die Beobachtungen ...en ohne Donner, allein da diese nach ihrer Ansicht ... Prodigien gehören, aus den Erzählungen auch her..., daſs sie am Tage gesehn wurden, wo das Wetter... nicht wohl wahrgenommen wird, so können sie hier ... nicht berücksichtigt werden. Bei den so oft im Horizonte ... Lichterscheinungen bleibt es immer zweifelhaft, ob ... von entfernten Blitzen herrühren, das eigentliche Wet... dagegen besteht aus einem über dem Horizonte zum ... kommenden bald helleren bald schwächeren Licht..., der sich nicht eigentlich in die Länge zieht, sondern

mehr in die Breite, keinen Strahl enthält und kein Ge
regt. Kämtz[1] hat sich die Mühe gegeben, bei einer B
tung des Wetterleuchtens genau nachzuforschen, ob
zu jener Zeit im Bereiche des Sichtbarwerdens kein
statt fand. Schübler[2] erzählt nämlich, daſs man a
Aug. 1825 in mehreren Gegenden Würtembergs Aben
schen 9 und 11 Uhr bei völlig klarem Himmel Blitz
habe, während kein Beobachter auf einer Strecke v
400 Quadratmeilen ein Gewitter bemerkte, auch die At
zu dessen Bildung nicht geneigt schien. Auch an de
den Tagen bemerkte man in mehreren Gegenden b
Blitze, während der Himmel gröſstentheils heiter w
zogen an diesem Tage durch einige Gegenden Wü
einzelne Gewitter. Hierzu berichtete Mohr aus Cobl
über die ganze Gebirgsgegend Wetterleuchten geseh
und Brandes aus Salzuffeln, daſs sich Abends 6 Uhr
westlichen Himmel Gewitterwolken zeigten und man d
Wetterleuchten sah. Hiernach fehlt also zwar an je
jede Nachricht von einem vorhandenen Gewitter, wi
bemerkt, allein zwischen Würtemberg und Lippe
wurde nicht beobachtet, und über diese Strecke fehle
Nachrichten[3].

Gewiſs ist wohl, daſs man beim Wetterleuchten
sich *das Wetter abkühlt*, wie man dieses zu bezeich
d. h. wenn bei vorhandenem heiterem Himmel, od
stens bei der Abwesenheit eigentlicher Gewitterwol
helle Lichtscheine am Himmel zeigen, nie mit vö
wiſsheit sagen kann, dieses rühre nicht von entfernt
tern her, es sey denn, daſs man, wie im erwähnten
schehn zu seyn scheint, über eine hinlänglich wei
die Ueberzeugung von der Abwesenheit eigentlicher Gew
ten habe. Handelt es sich aber um die Feststellung der
ob es ein eigentliches Wetterleuchten gebe und vo
eigenthümlichen Beschaffenheit dasselbe sey, so hege

1 Meteorologie. Th. II. S. 481.

2 Schweigger's Journ. Th. XLI. S. 39.

3 Heidelberg darf hierbei füglich als Zwischenstation
ich kann daher ergänzend bemerken, daſs hier den gan
auch am 27ten Morgens völlig wolkenfreier Himmel war.

Digitized by Google

.. eigener Erfahrung die vollständigste Gewiſsheit. Im 1805 sah ich an einem warmen Sommerabende bei übri- .. wolkenfreiem Himmel in einer Höhe von etwa 45° . eine etwas länglich gestreckte dünne Wolke, in wel- .. unregelmäſsig wiederkehrend Lichtscheine zeigten, völlig gleichend, welche man an leuchtenden Barome- .. in den Franklin'schen Röhren wahrnimmt, mit der .. Ausnahme, daſs das Licht keinen grünlichen Schein .. bei jenen häufig der Fall ist, sondern weiſs und nur .. Röthliche schimmernd war. Eine solche eigenthüm- .. wechselnde Erhaltung habe ich seitdem nie wieder ge- .. einige Male dagegen ein eigentlicheres und zugleich .. Aufblitzen in ähnlichen Wolken, jedoch ganz ohne .. Blitzstrahl, und ich trage kein Bedenken, auch .. änomen unter die Classe des Wetterleuchtens zu rech- .. ld man die ringsum vom heiteren Himmel umgebenen .. deutlich unterscheiden kann und dadurch zu der Ue- .. gelangt, daſs das Licht nicht etwa der Widerschein .. Blitze sey. In sehr vielen Fällen sieht man jedoch .. wenn man das Wetterleuchten wahrnimmt, nicht .. entfernten Blitze selbst, sondern nur deren Wider- .. übrigens völlig heiteren und wolkenfreien Himmel. .. ern berichtet Bergmann[1], daſs er diese genannte Er- .. oft wahrgenommen habe, worauf es ihm aber einmal .. ie blitzende Wolke von einem Berge aus zu ent-

.. eitem in den meisten Fällen wird also das, was man .. hten nennt, das Erzeugniſs entfernter Blitze seyn, .. wenigen das eigenthümliche, näher bezeichnete .. Will man dem, was durch den Namen stille Blitze, .. litze ähnliche elektrische Entladungen ohne Donner, .. wird, gleichfalls diesen Namen beilegen, so zeigen sich .. mene in einigen heiſsen Gegenden häufiger, als unter .. d höheren Breiten. So erzählt Bladh[2] von den .. üsten der Insel Sumatra, daſs sich daselbst fast .. von der Abenddämmerung bis zum Morgen ununter- .. ille Blitze zeigen. Auf gleiche Weise sah v. Hum-

1 .. kal. Beschreib. d. Erdkugel. Th. II. S. 76.

2 Schwed. Abhandl. Deutsche Ueb. 1780. Th. I. S. 97.

boldt[1] bei seiner Reise auf dem Orinoco den Himmel
Zeit vor Sonnenaufgang gröſstentheils bewölkt, und be
dabei in mehr als 40° Höhe viele Blitze, ohne Don
hören, obgleich dieser in jenen stillen Gegenden so leicht
nehmbar seyn muſste.

Man betrachtet allgemein das Wetterleuchten, w
gewöhnlichen Sprachgebrauche nach oft gesehn wird,
durchaus so bekannte Sache, daſs die Beobachter
selten, wenn nicht zufällig dazu vermocht, die Mü
ben, zu untersuchen, ob es von entfernten Blitzen h
oder eine für sich bestehende Erscheinung ist; inzwisch
es doch, auſser den bereits angegebenen, einige absichtli
wegen angestellte Untersuchungen. Lampadius[2] le
Wetterleuchten ohne Ausnahme von entfernten Gewitt
dennoch kann das, was er selbst zu Teplitz wahrnahm
nigstens zum Theil eigentliches Wetterleuchten gewese
wenn gleich aus den beigefügten Bemerkungen Gilbert
vorgeht, daſs in weiterer Entfernung Gewitter statt fan
ohne Zweifel den gröſsten Theil der Lichtscheine erz
ben; denn es hat in der That nichts Widersprechend
zu einer Zeit, wo die Atmosphäre überhaupt mit El
überladen ist, auch an denjenigen Stellen, wo keine ei
Gewitter vorhanden sind und keine Blitze zum A
kommen, Ausgleichungen der Elektricität mit einem
scheine sich zeigen. Dagegen ist Ideler[3] der Meinung,
Ausgleichung der Luftelektricität sich ohne eigentlich
auf verschiedene Weise durch bloſses Leuchten kund g
diese Erscheinungen müssen wir doch als eigenthümlich
einen besondern Namen bezeichnen, wozu sich der üblich
lich *Wetterleuchten*, am besten eignet. Hierbei bezieh
auf diejenigen Lichtphänomene, welche Huth[4] am A
31. März 1804 zu Charkow beobachtete. Im Allgemei
der Himmel schnell wechselnd und wahrhaft proteusa
verändernd, bald dicht verschleiert, bald ganz heiter, b
der mit dünneren und dichteren Wolken bedeckt. Z

1 Voyage. T. VII. p. 9. Kämtz Meteor. Th. II. S. 451.
2 G. LXXIV. 432.
3 Poggendorff's Ann. XVII. 440.
4 G. XXX. 238.

Digitized by Google

zeigte sich bald ein milchiger Ueberzug, bald ein mehr ...oder hell glänzendes, zuweilen streifiges Leuchten, und ... dabei zugleich ein spinnenwebenartiges Gefühl auf ...t wahrnahm, das Elektrometer aber durch Anschlagen ...itchen Spuren starker Luftelektricität angab, so kann ...it wohl umhin, dieses Leuchten für ein elektrisches ...m. Ferner beruft er sich auf eine Angabe Hum-...[1], welcher dieses Leuchten auch im Zenith bei Wolken ...n, die keine bedeutende Höhe hatten.

... belehrend äufsert sich Brandes[2] hierüber, wenn er ...Das eigentliche Wetterleuchten, wo man sagt, die Luft ...kh, habe ich oft bei ganz heiterm Himmel gesehn, ... Luft mir gar nicht so aussah, als ob in 20 Meilen ...ng ein Gewitter seyn könne. Was mich in dieser ..., das Wetterleuchten entstehe bei heiterem Himmel, ... ist eine Lichterscheinung hoch über dem Horizonte, ... für ein solches Wetterleuchten in meiner Nähe zu ...eigt war. Bei meinen im August 1817 angestellten ...ngen von Sternschnuppen nämlich, an einem schö-...hellen Abende, bei einem Wetter, wo man wohl ...chten zu erwarten pflegt, sah ich hoch am Himmel ...iches, nur einen Augenblick dauerndes Licht, das ...selben Stelle erlosch, wo es entstanden war. Die-...se Blitz aus heiterm Himmel konnte in gröſserer ... gar wohl als Wetterleuchten erscheinen. Aehnli-...erscheinungen habe ich auch sonst wohl gesehn, und ...h von andern Sternschnuppen dadurch unterscheiden, ...mehr einer groſsen, schnell erlöschenden Flamme ...auch das nicht die rechte Bezeichnung ist) gleichen[3], ... andere Sternschnuppen als Funken oder als fortzie-...ne Kugeln erscheinen, so ist die Vermuthung, daſs ...genthümliche Beschaffenheit haben, wenigstens nicht ... Grund. Daſs man sie so selten über sich, und das

...es aux Rég. éq. T. VII. p. 9.

...ge zur Witterungslehre. Leipz. 1820. S. 354.

...es bemerkt, daſs auch Bergmann mehrere Erscheinungen ...obachtet habe, unter denen die am 12ten Januar 1760 zu ...a und Stockholm gesehene, deren Höhe er auf drei Mei-... Erde schätzte, am meisten Aehnlichkeit hiermit hatte. S. ... 1760.

Digitized by Google

„Wetterleuchten am Horizonte so oft sieht, ist eben nic
„begreiflich, da alle in geringerer Höhe als 5 Grade e
„nenden Lichtphänomene, wenn sie 5000 Fuſs hoch ü
„Erde entstehn, auf einem 18 Meilen breiten Ringe
„herum im Zenith stehn können. Dieser Ring, dessen
„Halbmesser 2,5 Meilen, der äuſsere 20 Meilen ist, ha
„fähr 1200 Quadratmeilen Flächeninhalt, statt daſs de
„Kreis etwa 20 Quadratmeilen enthält. Man kann
„Blitze auf 0 bis 5 Grad Höhe sehn, ehe man ei
„Zenith näher zu sehn bekommt.“ Kämtz[1] entn
dieser Beschreibung, daſs Brandes das Wetterleuch
für entfernte Blitze, sondern für eine den Sternschnupp
liche Erscheinung gehalten habe; allein ich finde dies
Erzählung nicht, da das Phänomen ein schneller Blitz
terem Himmel genannt wird, und auſserdem der A
das Wetter kühlt sich ab, ein bekannter und sehr be
der ist. Bemerkt werden muſs hierbei indeſs, daſs
diese Erscheinung von einer andern unterscheidet, we
ohne allen Donner sich zeigen. Auch hierüber macht
auffallende Beobachtung im Jahre 1803 an einer g
groſsen Wolke, die etwa 6 bis 10 Grad hoch stehn
sie blitzte fast unaufhörlich, ohne daſs der Donner gehö
schien aber nicht so entfernt zu seyn, daſs der Don
wegen an dem stillen Abende unbemerkt bleiben konn

Die Ursache des Wetterleuchtens und die Erklär
selben kann wohl nicht zweifelhaft seyn. Zuvörde
dieses allerdings am wenigsten dann der Fall, wen
entfernten Blitzen herrührt, allein obgleich man a
Phänomene durch den Ausdruck Wetterleuchten bezei
müssen wir sie doch hier ausschlieſsen. Es kann den
von denjenigen Lichterscheinungen die Rede seyn, b
keine Blitze statt finden, allein auch diese müssen w
falls aus überwiegenden Gründen für elektrische En
halten. Hierfür entscheidet schon ihre groſse Ae
und nahe Verbindung mit den Blitzen, die ohne ei
mit einem Donner verbundene Entladung nicht zur
langen, wohl aber aus einer Wolke in eine ihr sehr
räuschlos übergehn. Wollen wir überhaupt unter

---

1 **Meteorologie. Th. II. S. 483.**

Digitized by Google

…, dem herrschenden Sprachgebrauche gemäſs, diejenigen …stehn, bei denen kein Donner gehört wird, so würde …führung dieser Phänomene mit der des Blitzes zusam-…n und keine abgesonderte Untersuchung erfordern; allein …ls würde hiermit keine genau wissenschaftliche Be-…mmung vereinbar seyn, da sich nie mit Bestimmtheit …läſst, ob wirklich kein Donner vorhanden gewesen oder …bloſs überhört worden sey, anderntheils aber müſsten zur …er Blitze auch die bloſsen Lichtschimmer gehören, die …ntlich hiervon unterscheiden. Bezeichnen wir daher Wetterleuchten bloſs diejenigen Lichterscheinungen, die mit …Schnelligkeit, als die Blitze, und diesen sehr ähnlich, …ne einen eigentlichen Strahl zu bilden, zum Vorschein …und wieder verschwinden, so unterliegt es dennoch …end einem gewichtigen Zweifel, sie für elektrisch zu …indem kein einziges bedeutendes Argument dieser Hy-…entgegensteht, die Beschaffenheit derselben aber im …dafür entscheidet. Aus allen oben angegebenen That-…geht hervor, daſs das Wetterleuchten allgemein nur …wartet wird und sich wirklich zeigt, wenn die Dispo-…r Atmosphäre sehr elektrisch und zur Entstehung der …sehr geneigt ist; die Beobachtungen von Huth aber …füglich als direct für diese Hypothese beweisend gelten. …somit nur eine nähere Bezeichnung der Eigenthüm-…dieser elektrischen Entladungen übrig, die wir durch …druck Wetterleuchten zu bezeichnen pflegen.

…ersten Versuch einer Erklärung dieser Phänomene …wir wohl auf Miles[1] zurückführen, welcher das elek-…Leuchten geriebener Glasröhren damit verglich. Wat-…eben dieses Leuchten in Röhren mit verdünnter Luft …glich dasselbe sowohl mit dem Wetterleuchten, als auch …Nordlichte. Am ausführlichsten und deutlichsten äu-… Musschenbroek[3] sowohl über das Phänomen, als …r dessen Ursache. Wenn dichtere oder dünnere Wol-…it ungleichen Mengen von Elektricität erfüllt, einander …, so strömt die Elektricität von der stärker geladenen

…Philos. Trans. 1745. T. XLIV. N. 475. p. 290.
…Ebendaselbst. T. XLVII. p. 367.
…Introd. ad Phil. Nat. §. 2530. T. II. p. 1075.

in die andere über, bis das Gleichgewicht zwischen bei
gestellt worden ist. Diese Ausgleichung geschieht durc
selnde Flammen, wie wir solche wahrnehmen, wenn
schinenelektricität in einen luftleer gemachten gläserne
oder eine exantlirte Glasröhre einströmt. Diese Ansich
nach das Phänomen ein elektrisches ist, hat man spät
mein beibehalten, auch DE LUC[1] pflichtete ihr bei, m
sie aber nach derjenigen Theorie, die er über die El
überhaupt aufstellte. REIMARUS[2] vergleicht das Wetter
mit den Lichtstrahlen, welche aus den Hervorragung
stark elektrisirten Körpers freiwillig hervorschieſsen.
daher eine Wolke mit Elektricität überladen ist, so
aus ihren Enden dergleichen Strahlen aussenden, die
streut und ohne durchbrechende Gewalt in die Luft
Bloſse Lichtscheine brechen auf diese Weise aus Wol
hier, bald dort, zuweilen fast ohne Unterbrechung a
Anlaſs zur Ueberladung giebt die fortdauernd wirkende
der Ladung, bisweilen die Zusammenziehung der W
die Veränderung ihrer Gestalt. Eine ähnliche Erschein
gen diejenigen Strahlen, welche man im Dunkeln aus
ausfahren sieht, die durch einen steten Zufluſs von El
überladen werden und doch keinen bestimmten Gegenstan
dem sie dieselbe durch einen Funken mittheilen können.
Wolke zerstreut sich daher die Elektricität in die Luf
kein leitender Gegenstand innerhalb ihrer Schlagweite
den ist.

Will man nicht absichtlich Schwierigkeiten such
glaube ich, daſs diese Hypothese zur Erklärung des all
ten Phänomens völlig genüge und durch eine übergroſs
von Thatsachen hinlänglich begründet sey. Daſs die L
tricität und deren Uebergang von positiver zu negativer
eine Wirkung des Niederschlages und der Verdampfu
und daſs die auf solche Weise erzeugte Elektricität
dickeren und dünneren, ja sogar in den bis zur Unsich
dünnen Wolken zurückgehalten werde, darf wohl als
macht gelten. Hiernach zeigt sich dann die durch die ge

---

1 Ideen über die Meteorologie. Th. II. §. 649.

2 Vom Blitze. Hamb. 1778. §. 173. Neuere Bemerk. von
Hamb. 1794. §. 73.

fortdauernd neu erzeugte und frei werdende Elektrici-
oder in eigentlichen, zur Erde herabfahrenden Blitzen,
solchen, welche von einem Theile der Wolke zum
hinfahren, oder endlich durch einen bloſsen Licht-
lles dieses in abnehmender Stärke, jenachdem die
ichter oder lockerer ist. Bloſse Lichtscheine der frei-
Elektricität gewahrt man auch auſserdem häufig, z. B.
nen Glasröhren im Dunkeln, oder wenn man bei
d trockner Luft einige auf einander liegende Bogen
ten Papiers erwärmt, schnell mit Federharz reibt und
zusammenhängende Bogen von einander trennt, in
alle mit einem leisen Knistern sich ein Lichtschein
Flächen des Papiers verbreitet. Hiernach hält denn
TZ[1] das blasse, mattrothe Licht, welches sich zu-
und nach den Gewittern, selbst aber bei wenig
oder anscheinend ganz heiterem Himmel zeigt, für
en Gewittern unabhängige, leuchtende Erscheinung,
st durch Ausströmung starker Elektricität ohne
Gegensatz benachbarter Wolkenschichten veranlaſst

Ansicht dürfen wir als die sehr allgemein herr-
achten, Matteucci[2] aber hält das Phänomen zwar
ein elektrisches, bringt jedoch damit die Einwir-
dens und die isolirende Eigenschaft der Luft in
Beim Untergange der Sonne und während der
nach seiner Meinung die niedergeschlagenen Däm-
ähe des Bodens eine leitende Schicht, die dazu
Gleichgewicht zwischen der Elektricität der Erde
Atmosphäre herzustellen. Das Phänomen soll sich
sweise in den Ebenen zeigen, weil die Elektrici-
Gebirgen wegen geringerer Dichtigkeit der Luft
htigkeit der Niederschläge bei der geringeren Tem-
er entweichen kann. Huber-Burnaud[3] hält
ganze Phänomen für eine Wirkung entfernter
an dasselbe sonst einmal in der Nähe des Zeniths
Inzwischen bemerken die Herausgeber der Zeit-

tze der Meteorologie. Leipz. 1831. S. 152.
. univ. T. XLII. p. 9.
elbst. S. 254.

schrift, man gewahre das Wetterleuchten sehr häufi Theilen des Horizontes, und könne doch unmöglich setzen, daſs dann gerade rings umher Gewitter stände keins bei völlig heiterm Himmel über dem Beobach sichtbar sey. Im Zenith sehe man allerdings das We ten selten[1], jedoch hätten sie selbst dasselbe in ein Nacht am Ende des Augusts 1828 wahrgenommen. trisches Leuchten müsse sich stets zeigen, wenn die tend werde, es möge dieses durch Verdünnung o Wasserdampf erfolgen, wenn nur das Gleichgewich dem von dieser Luft berührten Körper und der A hergestellt sey. In diesem Falle könnten aber die e Entladungen sich nicht in Gestalt von Funken zeigen trockner und isolirender Luft, sondern allmälig oh durch einen bloſsen Lichtschein.

Da sich keine bestimmte Grenze zwischen den D den bis zum Verschwinden abnehmenden Lichtsch den dicksten bis zu den kaum oder gar nicht m baren Wolken angeben läſst, so müssen wir mit R die gesammten für diese Erklärung zeugenden Nebe gen das eigentliche Wetterleuchten für eine elektrisch nung, und somit für ebenso genügend erklärt halte überhaupt die Naturerscheinungen zu kennen und z uns anmaſsen dürfen.

---

1 Die Ursache hiervon hat Brandes sehr richtig an oben.

Digitized by Google

Wetterlichter.

act-Elmsfeuer, St. Helmsfeuer, He-
feuer, Eliasfeuer; *Ignis ex acuminibus,*
mbens, Castor et Pollux; Feu St. Elme,
et Pollux; *St. Helen's-Fire, Hermes's*

bezeichnet mit diesem Namen eine seit den ältesten
kannte, verhältniſsmäſsig sehr häufig vorkommende
g, daſs hervorragende Gegenstände jeder Art, ins-
Metallspitzen, einen Lichtpunct oder einen zuweilen
em Geräusche ausströmenden Feuerbüschel zeigen.
iechen und Römern war diese Erscheinung vorzugs-
dann bekannt, wenn sie sich an den Masten der
fe, und zwar galt sie für ein gutes Omen, nament-
zeichen des Verschontwerdens von Stürmen oder
Aufhörens der vorhandenen, wenn sie zwei Licht-
ickten, die sie dann *Castor* und *Pollux* nannten,
ein böses, wenn sich nur ein einziger Lichtschein
sie dann *Helena* nannten. Aus diesem Namen,
a[1], sey der Ausdruck *St. Elmo, Telmo, Hermo*
die portugiesischen Schiffer nennen das Phänomen
, die englischen *Comazant*, die niederländischen

en Stellen der Alten nicht zu erwähnen, worin
n eines Lichtschimmers auf den Spitzen der Ma-
ch der Lanzen bloſs erzählt wird, mögen bei-
ur einige wenige Angaben hier Platz finden. Der
mler Plinius[2] erzählt, er selbst habe Sterne auf
ler Soldaten und auf den Masten der Schiffe ge-
it Zischen von einer Stelle zur andern hüpften.
ähe man auf eine wunderbare und in der Majestät
borgene Weise auch zuweilen auf den Häuptern der

1. a. A. Th. IV. S. 742.
2. atur. Lib. II. Cap. 37.

Menschen. Oft wird erwähnt, daſs sich die Feuerb
den Spitzen der Lanzen und der Pfeile zeigten, z.
Seneca[1], Livius[2], Hirtius[3] und Andern, und al
dieses für ein Glück prophezeihendes Vorzeichen,
insbesondere das mehrfach erwähnte Phänomen, daſs d
zu groſsen Dingen bestimmter Kinder einen Lichtsch
breitete oder brannte, wie man dieses ausdrückte. D
hört die Erzählung Virgil's[4] vom Iulus, des Liv
Servius Tullius und Andern; auch wird vom Lu
cus berichtet[6], daſs eine ihm selbst nicht merkba
seinen Kopf umgab, als er öffentlich redete, und den
könig Bamba hielt man für den durch das Schicksal
ten Nachfolger in der Regierung wegen einer Flam
säulenförmig von seinem Kopfe aufstieg[7]. Der Erste
diese gesammten Erscheinungen von der aus Spitzen
u. s. w. ausströmenden Elektricität ableitete, dürfte wo
tinon[8] seyn, nachdem Miles[9] schon 1745 die aus
elektrischen Feuerbüschel zuerst beachtet hatte.

Bis auf die neuesten Zeiten herab hat man die
Erscheinungen mit wenigen Modificationen sehr häuf
genommen; da aber ihre Erklärung nicht streitig ist,
es den Beobachtern meistens nicht der Mühe werth,
überhaupt oder nur gelegentlich bekannt zu machen.
also genügen, einige der auffallenderen Beispiele m
woraus dann zugleich die Beschaffenheit dieser el
Ausströmungen und die Bedingungen, unter denen
vorzugsweise zeigen, genügend hervorgehn werden.
ist bei der unverkennbaren Gleichheit dieser Lichtsc
denen, die sich bei Erregung der Maschinenelektr
Spitzen zeigen, die Art ihren Erzeugung nicht zweife

1 Quaest. Nat. Lib. I. Cap. 1.
2 Histor. Lib. XXXII. Cap. I.
3 Bellum Afric. Cap. 47.
4 Aeneid. Lib. II. v. 681.
5 Histor. Lib. I. Cap. 39.
6 Valerius Maximus Lib. I. Cap. 6. Livius Lib. XX
Plinius Hist. Nat. Lib. II. Cap. 3.
7 Sabellicus Opp. Lib. I. Cap. 4.
8 Hist. de l'Acad. 1752. p. 10.
9 Philos. Trans. abr. T. X. p. 272.

Digitized by Google

dabei nur nicht vergessen, daſs beim Ausströmen der Elektricität aus Spitzen sich Feuerbüschel, beim Ein- derselben aber leuchtende Puncte an den Spitzen

die bekanntesten Beobachtungen aus der neueren die von Forbin[1]. Im Jahre 1696, erzählt dieser, plötzlich während der Nacht ein schwarzes Gewölk, wobei erschreckliche Blitze und Donnerschläge ent- Aus Furcht vor einem starken Sturme wurden die gezogen, und es zeigten sich mehr als dreiſsig Elms- unter andern befand sich oben auf dem Windflügel Mastes, welches mehr als anderthalb Fuſs hoch Matrose, welcher hinaufgeschickt wurde, um es hörte ein Geräusch, als wenn angefeuchtetes verbrennt. Er sollte den Flügel abnehmen und; kaum aber hatte er ihn von der Stelle gehoben, so Feuer davon weg, setzte sich auf die Spitze des blieb daselbst ziemlich lange, bis es nach und. Der gedrohte Sturm hatte weiter keine Folgen, starken Regen.

[2] hat auch dieses elektrische Phänomen näher, und hält die Wetterlichter nicht sowohl für ein Abzugs der Elektricität aus der Wolke selbst oder ungskreise, als vielmehr für eine Gegenwirkung in der Luft oder den Dünsten zerstreute Elektricität, wie man durch Spitzen, die von einem elektrisirten gehn, die Luft im Zimmer, besonders wenn viele schweben, elektrisiren kann. Diese Vorstellung undeutlich, wenn nicht geradezu falsch, so die, daſs der Wind ihre Fortdauer begünstigen soll, neue Elektricität herbeiführe. Richtig dagegen ist, bemerkt, daſs sie sich nicht sowohl während der Ge- vielmehr nach deren Zertheilung zeigen und daher Schiffern als eine gute Vorbedeutung betrachtet wer- sie ferner auch ohne Gewitter bei feuchter und stür- Luft gesehn werden. Die eigentlich richtige Ansicht

---

1 de Comte de Forbin. T. I. p. 368. Hamb. Magazin. 425.

2 Bemerkungen vom Blitze. S. 8 u. 170.

liegt aber darin, wenn er sagt, daſs ihre Seltenheit daher rühre, weil zu ihrer Entstehung eine negative tät in der Luft erfordert werde, die nicht so häufig positive, vorkomme. Die Untersuchungen über die tricität[1] ergeben, daſs dieselbe zwar meistens positiv, fig aber auch negativ ist, Ersteres bei den Niedersch atmosphärischen Wasserdampfes, Letzteres wenn der schlagene Dunst wieder in Dampfgestalt übergeht. St die positive Elektricität der Wolken in Spitzen ein, dieses nur einen leuchtenden Punct geben, welcher beachtet bleibt, lockt aber die negative Elektricität d oder der Luft überhaupt die positive aus den mit verbundenen Spitzen an, so entstehn beim Ausström ben Feuerbüschel. Diese werden leichter wahrgenom die wiederbeginnende Verdampfung zeigt das Auf Niederschläge nebst den damit verbundenen Hydrom Stürmen an.

Von sonstigen Beobachtungen möge hier erwäh die von de Saussure und Jallabert[2], welche auf gegenseitig die aus ihren Fingern und aus ihren namentlich aus der metallenen Hutagraffe des Letzt fahrenden Feuerbüschel wahrnahmen, die ähnliche v und seinem Bruder, deren Hüte gleichfalls bei eine ziehenden Gewitter viele solche Feuerbüschel ausströ verschiedene diesen ähnliche Wahrnehmungen[4]. Sel lich ist die Beschreibung von Allamand[5], welch eines heftigen Gewitters seinen Regenschirm aus Fu Anziehung des Blitzes nicht zu öffnen wagte und dem Regen aussetzte, dann aber das seidene Einf seines Hutes leuchten sah, ohne daſs er das Lich Finger auslöschen konnte, indem vielmehr das vo seine Hand gelaufene Wasser gleichfalls leuchtete. Se schirm warf er von sich, als die Handhabe desselbe

---

1 S. Art. *Luftelektricität.* Bd. VI. S. 465.

2 Hist. de l'Acad. 1767. p. 33.

3 Lichtenberg Magaz. Th. V. St. 1. S. 111.

4 Philosoph. Trans. T. XLVIII. p. 210. Mém. de p. 403. Ann. de Chim. et Phys. T. XVII. p. 305.

5 Aus Biblioth. univ. 1821 in G. LXX. 116.

Digitized by Google

...n aber nachher, als die Blitze nachlieſsen, wieder, und ...tſcheine an den Enden der Fischbeinstangen, nachdem ... wieder aufgespannt hatte, die er aber von zu groſser ... befangen nicht genau genug beobachtete. Gilbert[1] ...ch zwei Falle ähnlicher Art mit. Der Chirurg James ...s Leadhills kehrte am 20sten Febr. 1817 gegen 9 Uhr ...m Pferde zurück, und sah plötzlich die Ohren seines ...leuchten, auch schien der Rand seines Hutes in Feuer ... Als es nachher angefangen hatte zu regnen, ver... das Licht an den Ohren des Pferdes, am Rande des ...er nicht eher, als bis dieser völlig durchnäſst war. ... Regen anfing, schossen unzählige kleine Funken in ...ichtungen nach dem Rande des Hutes und den Ohren ...es. Auf gleiche Weise hatte man in der Nacht vom ... 1817 an vielen Orten der Ostküste der Vereinigten ...ewitter mit Regen, Schnee und häufigen Blitzen, die ... von Donner begleitet waren. Die Personen, welche ... diese Zeit im Freien, an etwas hoch liegenden Stel...den, sahn den Rand ihrer Hüte, ihre Handschuhe, ... Schweife und Mähnen ihrer Pferde, am Wege ... Gesträuch, einzelne Baumstämme u. s. w. von leb...nkenden und verschieden gestalteten Flammen um...che ein schwaches Geräusch hervorbrachten, ähnlich ... des Wassers kurz vor dem Anfange des Siedens. ...chen glichen vollkommen denen, welche sich im ...n elektrisirten Drähten zeigen. Bewegung schien ... zu begünstigen, und die Theilchen des Spei... wenn man ausspuckte, wurden schon nicht weit vom ...chtend. Wetterlichter an den Ohren seines Reit...merkte auch Nicholson[2] zugleich mit mehrern An... der Kopf des einen Pferdes schien sogar ganz in ... zu stehn.

... vorzugsweise interessante Erscheinung dieser Art ist ... welche Burchell[3] erzählt. „Ich kehrte Abends von

...alen LXX. 119. Ein Fall aus einem Berichte an die Wer... Gesellschaft zu Edinburg, ein anderer aus den Schriften der ... Academy.

...los. Trans. T. LXIV. p. 351.

...ise in Südafrica. Th. I. S. 368. Von mir entlehnt aus Kämtz ... Th. II. S. 487.

„einem Besuche zurück, welchen ich den Missionären
„hatte, und als ich über die Wiese ging, bemerkt
„elektrisches Phänomen, das ich nur ein einziges Mal
„nem Leben sah. Von jeder Himmelsgegend schien
„auszugehn, die auf einander in sehr kurzen Zwisch
„ohne Donner folgten. Alles ringsumher war still,
„einzelne schwere Regentropfen entfielen einigen auſs
„lich dichten und schwarzen Wolken. Plötzlich erbli
„fast von einem glänzenden Schimmer, der vom Zeni
„gefahren zu seyn schien, und einen Augenblick la
„jeder Grashalm, funfzehn Fuſs im Umkreise, d
„elektrische Materie entzündet zu seyn. Keine
„fand statt, nicht das mindeste Geräusch lieſs
„ren und das Phänomen äuſserte seine Wirkung u
„aus keine andere Weise. Alles blieb ruhig,
„setzte meinen Weg fort, ohne daſs die Erscheinung
„neuem gezeigt hätte. Das grobe Gras hatte an je
„einen Fuſs Höhe, und jeder Halm, so wie jedes B
„stark erleuchtet oder schien vielmehr zu brennen;
„ter als 15 Fuſs konnte ich diese Erscheinung ni
„nehmen."

Frau von Laroche[1] erzählt, daſs sie von dem
welcher ihr die Maschinen zu Marly zeigte, den W
gesprochen gehört habe, daſs ein Sachverständiger
Sommertage in seinem Hause aufhalten möge, um ei
wöhnliches Feuerwerk zu sehn, indem die eiserne
an den Pumpenwerken alle mit kleinen Flammen bes
die sich den Berg auf und ab bewegten. Ehemals s
davor gewesen, jetzt aber stehe er allemal auf, wen
oder ein Gewitter im Thale herziehe, um dieses
Schauspiel nicht zu verlieren.

Die beiden zuletzt erzählten Beobachtungen erg
die Wetterlichter auch ohne wässerige Niederschläge
zeigen, wenn Gewitter in der Nähe oder am
Erscheinung selbst vorhanden sind, die zwei a
Zeit mir bekannt gewordenen schlieſsen sich aber de
gegebenen an, sofern die Erscheinung bei Regen u

---

1 Reise durch Frankreich. Th. I. S. 476. Vergl. R
Bemerkungen vom Blitze. S. 8.

Digitized by Google

…r sich zeigte. Nach der Erzählung von Mohr[1] ritt in …cht vor dem 1sten Jan. 1834 ein gewiſser Dr. G. bei …chauern mit Schneegestöber untermischt in solcher Fin…, daſs er selbst seine Hand nicht sehn konnte, zwischen …flusse und einem Walde, beide etwa $\frac{1}{8}$ Meile von der …abliegend. Zuerst kam es ihm vor, als wenn Licht… vor seinen Augen schwebten, bald darauf aber sah er …wei Funken, welche so lange anhielten, daſs er 20 Secunden lang die Ohrenspitzen seines Pferdes sehn … In weniger als einer Minute traten die Ohren dessel… beleuchtet hervor, und ebenso schnell verbreitete sich … über den ganzen Kopf und Hals, so weit diese nicht … Mantel bedeckt waren, im schönsten Glanze. Das …elches etwas schüchtern zu werden schien, war nicht …hitzung, wohl aber durch den Regen naſs. Die gleiche …ng zeigte sich bei dem Pferde des hinterher reitenden …; es schien, als wenn auf jeder längeren Haarspitze …funken sitze, gröſsere auf den längeren und fast un… auf den kleinen. Besonders schön, wie kleine Jo…chen, waren diese Lichtpuncte auf den am Ein… Nasenlöcher und der Ohren sitzenden Haaren, sel… vorderen Halse und nach dessen rechter Seite hin, … brillant folgten sie dem Laufe der Mähnen, wo die … wie Perlen in den einzelnen Haaren eingeschoben …schienen. An dem Kamme, vom Kopfe bis zum An… Rückgrates, wo die Mähnen links herabhängen, stan… Haare in die Höhe, deren Spitzen alle mit diesen …en reich besetzt waren; am Schweife und an den übri… der Pferde war nichts zu sehn. Die ganze Er… dauerte 5 bis 6 Minuten und erlosch dann allmälig, … den Ohren, kam aber noch einige Male von kürzerer … weniger brillant wieder, bis sie gänzlich aufhörte. … hatte nicht die Form kleiner Flämmchen, glich … dem des Leuchtholzes oder des Phosphors, sondern … grellerem Glanze, etwa wie die Funken des ver… und ausglimmenden Papiers.

… nahe übereinstimmend hiermit ist die Erschei… die sich am Abend des 31sten Octobers 1837 dem Dr.

[1] …ggendorff's Ann. XXXIV. 370.

Riegel[1] in der Nähe von Aschaffenburg darbot. Auc
war in der sehr finstern Nacht zu Pferde, und wurde vo
heftigen Platzregen mit Sturmwinde überfallen, der in
einige Minuten dauerte. Ein zweiter Regen durchnäſ
ihn und sein Pferd, und als er darauf in einer Fäh
fuhr, sah er, daſs die in die Höhe stehenden Mähne
Pferdes, so wie die Ränder und Spitzen der Ohren z
ten anfingen. Ebenso leuchtete die aus Bindfaden ge
Spitze seiner Reitpeitsche etwa einen Fuſs lang. Da
war am stärksten in der Mitte des Flusses und verlo
er ans Land gekommen war. Riegel vergleicht das
mit feurigen, auf den Ohren aufsitzenden Quasten; sp
es dem Scheine des Phosphors. Ueberspringende Fu
er nicht, auch bemerkte er keinen sonstigen leuchten
genstand. Der Beschreibung nach, so weit sie in d
ziehung hinlänglich deutlich ist, wurde im ersten
Leuchten durch einströmende, im letzten durch aus
Elektricität erzeugt.

Kämtz[2] ist der Ansicht, das Phänomen zeige
häufigsten bei heftigen Stürmen, und mehr im Winte
Sommer, namentlich auch bei Hagel und Schneegestöb
für zeugen mehrere der erzählten Fälle, denn auch bei
ten fiel gleichzeitig in einiger Entfernung Hagel. Unte
gestöber am 23sten Februar 1792 Abends zeigten s
die vielen Wetterlichter auf dem Thurmknopfe de
evangelischen Pfarrkirche zu Hermannstadt[3]. Anfan
sich kleine weiſse, ins Bläuliche spielende Flamme
bald darauf der ganze Knopf besetzt war. Man h
ein sehr vernehmliches Geknister, die Flammen bew
nahmen mit dem Winde ab und zu, und zuletzt zo
Licht an den sogenannten Stiefel, welcher den T
trägt und stark mit Blech beschlagen ist, so daſs
Stiefel im lebhaftesten Glanze erschienen. Um halb 8
es auf zu schneien, und damit verschwand die Er
Aehnliche Flammen zeigten sich auf dem Thurmk
katholischen Pfarrkirche, auf welcher ein metalle

1 Poggendorff's Ann. XLVI. 655.
2 Meteorologie. Th. II. S. 487.
3 Lichtenberg's Magaz. Th. VIII. St. 4. S. 158.

Digitized by Google

jedoch etwas ſpäter, vermuthlich weil ſie niedriger iſt.
...mber 1806 bei vorherrſchendem gelinden Wetter wurde
... Borrdet auf einem nächtlichen Marſche in Polen von
... heftigen Sturme überfallen, daſs die Pferde angehal-
...den muſsten. Dabei wurde es ſo finſter, daſs die Rei-
... Köpfe ihrer Pferde nicht ſehn konnten. Augenblicklich
... Ohren und alle längere Haare, mit Ausnahme der
... und Schwänze, an zu leuchten und ebenſo alle her-
...de metallene Enden und Spitzen, als wenn ſie mit
...Schwamme von Leuchtkäfern überdeckt wären. Dieſes
... dauerte ungefähr 3 bis 4 Minuten während des hef-
...Windſtoſses und hörte auf, als dieſer nachlieſs, worauf
...ges Regenſchauer folgte[1].

... alle dieſe und zahlreiche ähnliche Erſcheinungen in
...echſel und der ſtarken Entwickelung der atmoſphäri-
...lektricität ihren Grund haben[2], geht aus ihnen ſelbſt
... hervor, zeigt ſich aber hauptſächlich dadurch, daſs
... die *Regentropfen*, vorzugsweiſe aber die *Schnee-*
...leuchtend herabfallen. Unter anderm beobachtete Fors-
... 22ſten April 1759 das Herabfallen leuchtender
...ken; das nämliche Phänomen ſah man am Ende März
... dem Lochawe - See in Argyleſhire[4], ausführlich
...ſelbe beſchrieben durch Lampadius[5]. Dieſer nahm
... heftigen Schneegeſtöber am 25ſten Januar 1822 am
... Fenſter einen ſtarken elektriſchen Geruch wahr, und
... Bennet'ſches Elektrometer ins Freie hielt, divergirten
...chen ſo ſtark, daſs das eine derſelben beim Anſchla-
.... Zu gleicher Zeit hatte v. Thelau, welcher ſich
... befand, eine ſtarke Phosphorescenz (wie er dieſes
... richtig nennt) der Zweigſpitzen aller an der Straſse
... Bäume wahrgenommen. Berührte er einen Baum, ſo
... die Phosphorescenz fort, hörte auf, wenn er die
...tzen anfaſste und zur Erde bog, trat aber ſogleich
..., wenn er ſie loslieſs. Das Licht war bläulich-

---

[1] ...inburgh Philos. Journ. N. XXII. p. 405.
[2] ...gl. Art. *Luftelektricität.* Bd. VI. S. 485.
[3] ...s phys. Erdb. Th. II. S. 78.
[4] ...inburgh Philos. Journ.
[5] ... LXX. 113.

weiſs und sehr hell. Drei Bergleute, welche gleichf Freien von dem Unwetter überfallen wurden, sahen di abfallenden Graupelkörner leuchtend, nahmen aber sonst wahr, da sie die Augen kaum offen zu halten vermocht

Daſs alle diese Erscheinungen vom Uebermaſse de Luftelektricität herrühren, die in Folge der wechselnd dampfungen und Niederschläge bald positiv bald neg unterliegt wohl keinem Zweifel. Ich kann daher au glauben, daſs auf diese Weise je ein eigentliches entstehn sollte, und würde dieses auch gar nicht nen, wenn nicht ein Fall dieser Art angegeben wi wird nämlich erzählt[1], daſs am 8ten März 1817 bei G gen während eines starken Gewitters wegen der Menge die Erde herabstürmenden Elektricität die Spitzen der einer ziemlichen Strecke Landes nicht nur leuchteten, auch bald in Brand geriethen und wie Lichter ein fortbrannten, ohne daſs übrigens Menschen, welche diesen brennenden Bäumen durcheilten, dadurch Sch litten. Kein Sachverständiger wird hierbei an ein w Brennen glauben, um so weniger, da dieses mehr sich greifen und Spuren des Brandes zurücklassen mü

1 Schwäbische Chronik von Elben. Jahrg. 1817. S. 20 Schübler's Meteorologie. S. 153.

Digitized by Google

Wettersäule.

asserhose, Wassersäule, Seehose, rtrompete, Erdtrombe, Landwasser-Landhose, Windhose, Trombe; *Nu-bula, Columna, Praester, Turbo aqueus, terrestris, Haustrum hydraulicum, Draco Tuba;* Trombe, Trombe de Mer, Trombe ; *Water-Spout.*

allen diesen verschiedenen Namen, wodurch man interessantes, mitunter höchst furchtbares, meteorolo-Phänomen bezeichnet, scheint mir der gewählte, *Wet-der* bezeichnendste zu seyn; denn der gebräuchlichste, , ist schon an sich nicht angemessen, da die An-des Wassers nicht nothwendige Bedingung ihres ist, und wenn man gar von einer Landwasserhose st dieses auf jeden Fall eine unpassende Bezeichnung, genau genommen die Wasserwasserhose entgegenstehn Weit bezeichnender ist der aus dem Französischen Ausdruck *Trombe*, von der trompetenförmigen Ge-, allein der rein deutsche Name *Wettersäule* ist gehörigen Phänomenen vollkommen angemessen. Im zeichnet man nämlich mit diesem Namen die schlauch-den Wolken bis zur Erde, zum Meere oder über Flüsse sich herablassenden, starke rotatorische Bewe-ihre verticale Axe zeigenden, Wasser und trockne anziehenden, zuweilen aufhebenden und in ver-Entfernungen mit sich führenden, mit ungleicher digkeit sich fortbewegenden Wolken, deren Gestalt , theils gekrümmt ist, und die mit ihrer unteren zuweilen den Boden nicht erreichen, zuweilen aber nicht weit herabgehn, sondern auch über dem Wasser sich gleichsam ein Piedestal bilden. Sie grenzen sehr die heftigen Sturmwinde, und bei den letzteren, wenn

Digitized by Google

sie von verheerenden Gewittern begleitet und auf ein-gen, aber schmalen District beschränkt sind, bleibt es selten ungewiſs, ob man sie nicht zur Classe der Wett zählen soll. Es wird hier nur von den eigentlichen T die Rede seyn, die ähnliche Verwüstungen anrichtende gehören dagegen zur Classe der Winde.

Neuerdings haben drei ausgezeichnete Gelehrte, K OERSTED[2] und insbesondere PELTIER[3], diesen Phänome nähere Aufmerksamkeit gewidmet; sie haben die wes Erscheinungen zusammengestellt und Versuche zur E derselben hierauf gegründet. Mit Benutzung dieser sch Arbeiten werde ich zuvor die wesentlichsten Thatsach ausführlicher erzählen. Nehmen wir alle diejenigen zu welche überhaupt hierzu gehören, so lassen sich etwa ten unterscheiden: zur ersten können die bei heiterem sich zeigenden Wirbelwinde gerechnet werden, welch Spreu, Blätter, Heu u. s. w. mit sich in die Höhe he zweite würden die auf dem Lande bis zur Berührung herabgehenden schlauchartigen Wolken bilden, die dr dritte, die am häufigsten auf dem Wasser beobachteten, gentlichen scharf begrenzten Schläuche übergehn. Ob Eintheilung streng beizubehalten, da es Beispiele gib die über dem Wasser entstandenen Tromben an das La gingen, ist es wesentlich, aus glaubhaften Erzählun besondere die ausnehmend groſsartigen Wirkungen di teore näher kennen zu lernen.

1) Zu den unbedeutendsten Phänomenen dieser A ren die allgemein bekannten *Wirbelwinde* oder *Sand-* an heiteren, zuweilen windstillen Tagen Staub, Sand in stark kreiselnder Bewegung herumdrehn und zu mitunter beträchtlicher Höhe emporheben. Sie zeigen häufigsten, wenn einzelne Wolken sich am heiteren Him finden, und werden als Vorboten naher Gewitter be sofern sie einen stark elektrischen Zustand der Atmos deuten sollen; doch möchte ich sie nicht weiter für

---

1 Lehrbuch der Meteorologie. Halle 1832. Th. II. S. 5

2 Schumacher's Jahrbuch für 1839. S. 228.

3 Traité experimental de l'Électricité et du Magnétism BECQUEREL. Tome VI. Par. 1840. p. 173.

Digitized by Google

... halten, als insofern diese auf heiteres Wetter und ...ze, wobei sich jene Wirbel vorzugsweise zeigen, ...ald zu folgen pflegen. Ich selbst sah einst auf einer ... ein solcher Wirbelwind, indem er über einige ... fortzog, nicht unbedeutende Mengen Heu in stets ... Bewegung aufhob und fortführte, bis sie durch ihre ... die Entfernung nicht weiter sichtbar blieben. Ha... beobachtete bei seiner Besteigung des Vesuvs im Juni ... Wirbelwinde, wovon der eine, ihm am meisten ..., unter einem sonderbaren Geräusche eine Menge ... emporhob und hieraus eine spiralförmig gewun... bildete, die wirbelnd gegen den Berg Somma ge...e, wo sie brach und ihren Inhalt fallen lieſs. In ...üsten sind solche Wirbel sehr häufig und den Rei... ... bloſs unangenehm, sondern mitunter gefährlich. ...zählt hierüber Folgendes. „In der weiten wüsten Ebene ... nach Nordwesten sahen wir in gewissen Entfer... ... Anzahl erstaunlich hoher Säulen von Sand, die ... sehr hurtig bewegten, bald mit majestätischer Lang... ...ückten. Zuweilen dachten wir, sie würden uns ... Minuten überschütten, und es flogen auch dann und ... Quantitäten Sand zu uns, bald zogen sie sich ... zurück und kamen uns fast ganz aus dem Gesichte.“ ... gehört hierher auch die Beobachtung von Burck... ...wonach in Aegypten einige reiſsend schnelle Wolken ..., nachher gelbem Ansehn einen heftigen Sturm ... führen, welcher alle Zelte, auch die stärksten, um... ... einiger Zeit aber sich legt oder vielmehr mit der ...nicht; die Wolken sind vermuthlich Sandwirbel, die ... ein bläuliches, in der Ferne durch die reflectirten ... ein gelbliches Ansehn haben.

... gleiche Weise beobachtete Stephenson[4] bei seinem ... am Ganges in den Jahren 1831 bis 1834 in der ...har Säulen von Sand, die sich bis zu 20 und so... ...ſs Höhe erhoben und mit steter kreiselnder Bewegung

... Trans. 1795. p. 73. G. VI. 30.
... Reisen. Th. IV. S. 556.
... in Nubien. Weim. 1820. S. 530.
... asiat. Journ. 1835. Dec. in Bibl. univ. 1836. Nov. p. 155.

Digitized by Google

bis auf eine halbe engl. Meile weit fortrückten. Auf de Bar sah er sie sich bis 100 Fuſs und darüber erhebe noch schnellerer Drehung um ihre verticale Axe. Am Febr. 1833 erhoben sich beim Einfluſs der Soane in de ges zwei solche ungeheure Säulen von 12 Fuſs Durc bis in die Wolken, erhielten sich unter starker drehend wegung einige Minuten, und wurden dann durch ein ten Windstoſs zerstiebt. A. v. Humboldt[1] erzählt, den Steppen des mittäglichen America's diese Sandw häufig zeigen. Gleich dem Dampfe erhebt sich de der Mitte eines verdünnten und vielleicht mit Elektric ladenen Wirbelwindes, wie eine Wolke in Gestalt ein deren unterer Theil gleich den Wasserhosen über die E streicht. Aehnliche Sandwirbel gewahrt man auch in auf den groſsen Straſsen, aber vorzugsweise werden si Sandwüsten Peru's, zwischen Coquimbo und Amotap Merkwürdig ist, daſs diese partiellen Luftbewegungen dann zeigen, wenn die Atmosphäre vollkommen ruhig der Savanne von Apure stieg das Thermometer auf 34 C., sobald der heiſse Wind von der Wüste sich erhob, der Mitte der Sandwolke erreichte es zuweilen auf einig 36° C. Vorzugsweise zahlreich sind ferner diese S in Indien[2], wo sie namentlich in der heiſsen Jahresze gröſserem Maſsstabe, als bei uns plötzlich erscheinen schwinden. Sie heben Sand, Laub und sonstige leic per zu bedeutenden Höhen empor und bilden eine Art welche die dortigen leichten Dächer abheben und groſser Schnelligkeit fortbewegen.

2) Bei weitem in den meisten Fällen bestehn die Lande ihre Verheerungen äuſsernden Wetterſäulen Wolke, die bis zur Erde herabhängend und über einer Strecke schneller oder langsamer fortschreitend die W der gewaltsamsten Sturmwinde hervorbringt, während geringer Entfernung von der Grenze ihrer Bahn kaum wegung wahrnimmt. Ein merkwürdiges Ereigniſs d traf nach der Erzählung von Lampadius[3] am 23st

1 Tableau de la nature. T. I. p. 43 u. 177.
2 S. Sykes in Philos. Trans. 1835. p. 190.
3 Systematischer Grundriſs der Atmosphärologie. 1806. S

das Städtchen Hainichen im sächsischen Erzgebirge. An Tage wechselte der Wind häufig seine Richtung, meh- witterwolken waren schon vorübergezogen, als um etwa Nachmittags ungefähr eine halbe Meile vom genannten aus einer dicken Wolke ein langer nebelartiger Schlauch stieg, der sich bald bis zur Erde herablieſs, bald wieder Wolke hinaufgezogen wurde. Dabei bewegte sich die der Schlauch senkte sich wieder bis zur Erde und mit unglaublicher Schnelligkeit, von Staub und Verwü- begleitet, in einer Breite von etwa 60 Schritt binnen 7 Minuten über eine Strecke von ungefähr einer deutschen Meile. Alles, was der Wirbel auf seiner Bahn traf, ward während an seiner Grenze vollkommene Windstille war; denn unter anderm sah eine Bäuerin zu Dittersdorf dem Fenster eine benachbarte Scheune mit Geprassel ein- ohne etwas vom Winde zu empfinden. In Arensdorf, dessen Feldern die Zerstörung durch Niedersinken des des den Anfang nahm, wurden die Häuser oder deren weggerissen, gewaltsamer aber wirkte das Meteor zu dorf, zerstörte das vor 6 Jahren neu erbaute Philippi'sche streute die Scheune in Stücken umher, verrückte die und zertrümmerte selbst das massive Wohnhaus, mit des linken Flügels, den es jedoch um 3 Ellen weit. Das Dach und die Fruchtböden mit Getreide wur- einen nahen Teich geschleudert, das Mauerwerk zer- und selbst die Gewölbe widerstanden der Gewalt nicht, nahme der Küche, wo die Bewohner einen Zufluchts- Rettung fanden. Das Federvieh wurde in der Luft worfen und dadurch getödtet, doch fand man an den keine Spur von Versengung. Auf dem nächstfolgenden der Wirbel drei Seitengebäude und zwei einzelne nieder und brach sich dann gewaltsam eine Bahn durch entfernten Wald. In einer Breite von 60 Schritt Baum, kein Strauch verschont, sie wurden ausge- abgebrochen, und in einem Augenblicke war eine durch den Wald hergestellt. Mehrere Bäume fanden sich die Spitzen abgeschält, einige etliche hundert Schritte den Strigisfluſs fortgeschleudert. Auch über Etzdorf un- des Städtchens Roſswein erstreckte sich die Verheerung, einige Häuser niedergerissen, andere abgedeckt und

mehrere in der Strecke stehende Bäume, unter ande
Eichen und Linden, ausgerissen oder zerbrochen wurd
wirbelnde Bewegung lieſs endlich nach und die Wo
zerstreute sich, nachdem sie unter andern einen Kne
seinen zwei Pferden aufgehoben und ersteren in eine
wege, letztere in ein nahes Gesträuch geschleudert hat

3) Die Beschränkung auf einen schmalen Strich is
lich das wesentlichste Kennzeichen, wodurch sich die
säulen auf dem Lande von manchen ihnen an ve
Kraft sehr nahe kommenden Sturmwinden untersche
entwurzelte einst ein wirbelnder Sturm in Sussex a
auf einer nur 60 Ruthen breiten Bahn alle Bäume,
über diese Grenze hinaus nicht einmal die Blätter a
wurden[1], und als ein solcher auf Malta Kanonen au
von ihrer Stelle rückte, riſs er zugleich auf dem Sc
rondelle den hinteren Mast ab, lieſs aber den Haup
Flaggenstock unversehrt[2]. Eine am 27sten Juli 1824
bach im Bunzlauer Kreise tobende Wettersäule rau
Scheunen und Häusern ihre Dächer, zerstörte eine
gänzlich, und führte eine Menge Geräthschaften, als
kannen, Stühle, Kleider, Betten u. s. w., bis zwe
weit in den stark verheerten Wald[3]. Hiernach darf
nicht wundern, daſs manche Wettersäulen an den Or
ihre wirbelnde Bewegung endigt, die verschiedensten
zen fallen lassen. So erzählt Lalande[4] von einer z
Nuova im Venetianischen beobachteten Trombe, welch
etwa 600 Fuſs hohe schlauchartige, bis zur Erde her
Wolke nur langsam und mit starkem Geräusche über
cis der Stadt fortrückte, ein groſses Haus abdeckte, ze
störte, nach und nach Blätter, Sand, Steine und Ba
abfallen lieſs, endlich aber von einem Halbmondwe
halten sich auflöste und sich der im Wirbel auf
Gegenstände entledigte. Die fortschreitende Bewe
Wettersäulen ist oft sehr schnell und sturmwindartig,
berichtet, daſs ein solcher, auf eine geringe Breite be

1 Annals of Philos. 1818. Juni.
2 Mémoires de Paris. 1758. p. 19.
3 Kastner's Archiv u. s. w. Th. III. S. 450.
4 Journal de l'Empire. 1806. G. XXVII. 475.

Digitized by Google

sich in zwei Theile spaltete und nachher wieder ver-; bei der eben erwähnten dagegen war die Bewegung schnell, und in einem andern Falle fehlte das Fort- gänzlich. Mehr den heftigen Gewitterstürmen nahe war das Meteor, welches dem oben erwähnten zu ähnlich am 16ten Juli 1806 das Dorf Schweigers- unweit Osterode am Harze traf[2]. Am Morgen dieses vereinigten sich nach einigen schon vorhergegangenen witter, die etwa 15 Minuten unbeweglich standen, sich von dem ersten eine schwarzgraue Wolke und darauf auch vom zweiten eine hellröthlich gemischte bis zur Erde herabsenkte. Beide vereinigten sich und ungefähr 20 bis 30 Fuſs über die bestellten Lände-, worauf sie sich nach dem Dorfe wandten und in Minuten von 8 Häusern das zweite Stockwerk nebst dem herabrissen. Im Ganzen wurden 42 Häuser mehr oder beschädigt und 600 Obstbäume und Eichen aus der hoben oder abgebrochen, darunter einige von 18 bis 24 rchmesser, die an der Wurzel abgeschnitten zu seyn. Von einem aus gesundem starkem Holze vor 6 Jah- gebauten Hause, 95 Fuſs lang und 40 Fuſs breit, wurde Fuſs langer Theil weggerissen und der stehen gebliebene geschoben.

die sehr groſsen Seltenheiten ist zu zählen, wenn sich gar nicht bewegt. Dieses war indeſs der Fall merkwürdigen Wetterſäule zu Blanquefort unweit Bour- im Jahre 1787. Die Wolken schienen sich von allen des Horizontes her in einen Punct zu vereinigen und dann mit unbeschreiblicher Geschwindigkeit gegen die Der Mittelpunct dieses Wolkengebirges, welches all- die Gestalt eines abgekürzten Kegels annahm, hatte ver- ne Farben. Der entstandene Kegel drehte sich, haupt- an seinem unteren Theile, unglaublich schnell um Axe, stemmte sich endlich gegen die Erde, und reichte bis zu den Wolken hinauf. Aus seinem oberen Theile

---

Thomson in Ann. of Philos. 1818. N. LXVI. p. 442.

Aus Nationalzeitung 1806. St. 38. in G. XXVII. 474.

Aus Esprit de Journaux 1788. Févr. in Gotha'sches Magaz. St. 4. S. 90.

fuhren Blitze, die von dem unteren angelockt zu schienen. Die Gewalt des Wirbels war fürchterlich; er h Dächer von den Häusern und riſs einen groſsen, dur lose Wurzeln gehaltenen Baum aus der Erde. Uebrig theilte sich das Meteor an der nämlichen Stelle, an es entstanden war, und die Umgegend litt nicht das davon.

Nicht schneller als die gewöhnliche Bewegung d ken war die eines Schweifes, der am 18ten Juli 1 zu Athlone in Irland aus einer Wolke bis fast zur E absenkte, mehrere groſse Baumstämme zerbrach und Fuſs weit fortschleuderte, Heuschober durch die L führte, so daſs man nie wieder eine Spur von ihnen Dach von einem Hause abhob und in 1,5 Meile E zertrümmert wieder fallen lieſs[1]. Der Schweif wec Gestalt und Farbe, war bald gerade, bald gewunden, Zeit schwarz und dunkel, zur andern hellblau und einem dichten Nebel umflort.

Die groſse Gewalt und wirbelnde Bewegung de tromben geht auffallend aus der Beschreibung der Ver hervor, welche die zu Atnsdorf in Schlesien am 25 1820 anrichtete[2]. Man hatte daselbst eben die auf e che ausgespannten etwa 100 Schock weiſse Leinwand als nach 12 Uhr eine Trombe so viel Staub aufwirbe das Tagslicht in dicke Finsterniſs überging. Die Lu die Fenster des Bleichhauses ein, riſs die Thüren auf aus ihren Angeln und warf einen groſsen Leiterwag daſs die Räder zu oberst gekehrt waren. Am auf äuſserten sich die Wirkungen der Trombe gegen d wand. Diese wurde emporgehoben, in mehrere Knäu wickelt, das gröſste von diesen aber mehr als 40 F über das an sich bedeutend hohe Dach des Bleichhau geführt und 150 Schritte weit in einen Graben und Strauchwerk geschleudert. Dieses Knäuel war so zu geschlungen, daſs es viele Zeit und Mühe erforderte, wieder zu entwirren. Es bestand aus 27 Schock, da naſs 23 Pfund wog, in der Mitte aber steckte ein

1 Aus Leipz. Zeit. 24. Aug. 1822 in G. LXXIII. 109.
2 Aus Berliner Zeitung in G. LXXIII. 109.

Digitized by Google

25 Zoll dicke und 11 Zoll breite Bohle, die als Steg nahen Graben gedient hatte; diese und die um sie Leinwand hatte der Wirbelwind hoch über das Dach geführt und weit fortgetrieben.

Stadt Carcassonne wurde zweimal durch eine verhee- Wettersäule getroffen. Im November 1780 entstand die- den Ufern der Aude, hob eine groſse Menge Sand bedeutenden Höhe, deckte 80 Häuser ab, hob die im Felde auf und zerstreute sie weit umher; sie riſs Eichen aus und führte dicke Zweige derselben bis 20 weit in einer ihrer Bewegung entgegengesetzten Rich- Merkwürdig ist die Angabe, daſs im Schlosse, wo und Fenster eingedrückt wurden, der Fuſsboden eines aufgehoben seyn soll, ohne die nebenstehenden Steingut- zu verrücken [2]. Noch weit interessanter und vielleicht unter allen in Europa bekannt gewordenen Tromben, der Bericht nicht übertrieben ist, war diejenige, Umgebung von Carcassonne am 26. Aug. 1826 traf [3]. wehete ein erstickend heiſser Südwind, gegen Mit- sich Wolken im Westen an, und es erhob sich Wind. Darauf sah man in verschiedenen Richtun- entstehn, sich aufhäufen, zusammenstoſsen und zur ken, als würden sie durch diese angezogen. Von hörte man neben einem dumpfen Getöse den Don-, so daſs die Thiere sich verkrochen, als sich plötz- schreckliches Krachen im Westen vernehmen lieſs. bewegte Luft wurde mit ausnehmender Geschwin- gen eine dunkle Wolke gezogen, die das sogenannte bedeckte, und im Augenblicke der Vereinigung hörte starke Detonation und gewahrte eine feurige Säule, Feld rasirte und Alles auf ihrer Bahn entwurzelte. Ein Mensch von 17 Jahren wurde im Kreise herumgedreht, und sein Kopf an einem Felsen zerschlagen; ebenso

urnal de Physique 1780. Nov.

milieu d'une chambre fut dépavé, sans que des tas de faïence fussent dérangés.

urier. 1826. 19ten Sept. Der Beschreibung nach hatte das Aehnlichkeit mit den *Typhons*, *Tornados* und *Hurrica-* Wind.

wurden 14 Schafe in die Höhe gehoben und erſtick
Trombe, eine Luft- und Feuerſäule genannt, ſtürzt
um, verrückte groſse Felsſtücke, riſs die gröſsten Bä
drang in das Schloſs, ſtürzte die ſteinernen Pfoſten d
weges um, zerbrach die Thorflügel, riſs deren Bänder
von hier in den erſten Stock, von da durch die Deck
zweiten, gelangte ſo zum Dache und ſtürzte alle dr
mit ſchrecklichem Krachen zuſammen. Damen, di
Saale befanden, verdankten ihre Rettung einem mäch
ſsen Balken, welcher eine Art Gewölbe über ihn
Die Trombe drang in ein Kreuzgewölbe unter der Küch
eine Scheidewand um, hob den Fuſsboden auf, ze
Meubeln, warf die Bettſtellen um, öffnete die Schränk
drang eine dicke Mauer und warf die Bruchſtücke w
hob eine Buche von fünf Fuſs Umfang mit den Wu
warf die Wagen in den Graben, entwurzelte mehr
Nuſsbäume und Weinſtöcke und riſs tiefe Furch
Boden. Das Meteor lieſs einen auffallenden Schw
zurück und entlud ſich in einem ſtarken Regen, w
Himmel ſich aufheiterte und der Wind aus Oſten bl

Daſs ein Schwefelgeruch mit den Wetterſäulen
ſey, wird oft erwähnt, allein es unterliegt wohl kei
fel, daſs dieſer der bekannte elektriſche ſey, der
nannt wird, und bei derjenigen Trombe, welche am
1729 bei Montpellier hauſte[1], heiſst es ausdrücklic
ein Schwefelgeruch wahrgenommen worden, demjenig
welcher die vom Blitze getroffenen Orte zu inficiren pf
bemerkte zuerſt in SO., woher der Wind wehte, e
ſehr dunkle Wolke, die begleitet von einem mit
näherung zunehmenden dumpfen Geräuſche auf di
kam. Sie ſenkte ſich bis zur Erde herab, einer v
groſsen Feuer aufſteigenden Rauchwolke gleichend, u
ſich ſehr ſchnell mit einer wirbelnden Bewegung vo
ſen im Durchmeſſer, wobei ſie Bäume entwurzelte
abhob, Häuſer umſtürzte und die Bruchſtücke 200 T
fortführte. Nachdem ſie dieſe Verheerungen auf
halbe franzöſiſche Meile in einer Breite von etwa 1

1 Mém. de l'Acad. de Par. An. 1729.

richtet und sich zerstreut hatte, folgte ein heftiger Regen Blitz und Donner.

In mehrerer Beziehung merkwürdig ist die Wetterſäule, am 15. Juni 1785 bei Esclades, 4 Lieues von Narbonne, [1]. Am Morgen war der Himmel ganz heiter, aber die erreichte schon um 7 Uhr Morgens 36°,25 C. bei 335 Barometerstand, als sich im Westen eine kleine, bald ende Wolke zeigte. Der Himmel bezog sich stärker, um 2 Uhr entstand im Westen eine rauchartige brausende die aus einer enormen Höhe auf die Erde herabhing auf ihrem Wege zerstörte. So bewegte sie sich 5 n, schien dann ebenso lange still zu stehn und ging wieder rückwärts. Das Geräusch glich einem anhaltend Donner, bis sie sich über Esclades in einen starken löste, dem ein überschwemmender Regen folgte. Das dauerte im Ganzen 45 Minuten, und während dieser g das Thermometer auf 40° C., das Barometer auf 337

en wir den Erzählungen völligen Glauben schenken, so die nachstehend beschriebene Landtrombe zu den bei interessantesten Phänomenen dieser Art [2]. Am 6ten Juli obachteten die Arbeiter auf einer Ebene des Dorfes 6 franz. Meilen von St. Omer und ebenso weit von eine schnell eintretende Dunkelheit, die einen hefti- Wettersturm drohte. Von allen Seiten kommende Wol- einigten sich über ihnen zu einer einzigen dicken und n, von welcher ein dichter Dampf, blau, wie ver- er Schwefel, in Gestalt eines umgekehrten Kegels her- mit seiner Basis an der Wolke festhängend. Der un- il dieses Kegels, welcher sich mit groſser Schnelligkeit bildete eine von der Wolke abgelöste, etwa 30 Fuſs liche Masse, die auf die Erde mit dem Getöse einer zerplatzenden Bombe aufschlug und an dieser Stelle 25 Fuſs im Umkreise haltende Vertiefung von 3 mittlerer Tiefe zurücklieſs. Etwa 100 Schritt von Puncte in der Richtung von W. nach O. brach der

[1] Mém. de l'Acad. de Toulouse. T. III. p. 115.

[2] Im Bulletin universel in Edinburgh Philos. Journ. N. XXII.

Wirbelwind eine Hecke zusammen, warf einen Sch
und erschütterte das fest gebaute Haus als wie ein E
Gegen 20 bis 30 Bäume lagen so umhergestreut, daſs
drehende Bewegung deutlich daraus erkennen konnte;
kleinere waren in die Höhe gehoben und hingen bis
oder 70 Fuſs Höhe in den Zweigen höherer Bäume.
an schritt das Meteor bis zu einer Entfernung von
französischen Meilen fort, ohne den Boden zu berühr
aber mit Geräusch abwechselnd Baumzweige aus si
Als es die Anhöhe des Waldes bei Fauquemberg erre
brach es die Kronen mehrerer Eichen ab und führte
das Dorf Vendome am Fuſse des Hügels fort, ri
daselbst keinen weiteren Schaden an, als daſs es
groſsen Ahornbaum mit der Wurzel ausriſs und
Schritte weit forttrug. In der Gestalt einer Kugel, we
die Erde berührte, bald sich wieder über dieselbe erh
das Meteor zum Dorfe Audinctan fort, wo es drei D
warf und einige Bäume ausriſs; von da erhob es si
nen Hügel, de Capelle genannt, wo es mehrere Arb
raschte, die sich sofort niederwarfen und an ihren Pf
hielten, um nicht fortgerissen zu werden. Einer
war so tief in die Erde gedrückt, daſs drei Pferde
herausbrachten und man ihn mit einer Hacke losmach
Nach der Beobachtung dieser Arbeiter war das Mete
rund, der verticale Durchmesser betrug ungefähr 30
horizontale 20 Fuſs, und seine Drehung um eine ve
war ausnehmend schnell. Aus demselben fuhren zuw
rige und Schwefeldampfkugeln aus, die zugleich Zw
warfen, welche auf beträchtliche Entfernungen fortge
ren. Dasselbe machte zugleich ein Getöse, als
schwerer Wagen schnell über ein Steinpflaster fährt;
Ausbruche von Feuer oder Dampf hörte man aber e
wie einen Flintenschuſs, und zugleich verursachte
Wind ein schauerliches Geräusch. Indem der Wirb
einer Stelle die Erde aufgerissen und alles, was W
leistete, umgeworfen hatte, erhob er sich vom Bod
einer oder zwei franz. Meilen Entfernung wieder her
und seine Verheerungen zu erneuern. So geschah e
den Berg Capelle verlieſs und in gerader Richtung
weiter zu Hernies St. Julien etliche Heuhaufen un

Digitized by Google

fortriſs. Von hier bis Witernesie, drei Meilen weit, keinen weiteren Schaden, als daſs er auf der Spitze ...gels das Korn auf einer Fläche von 30 Morgen ver- ...m Dorfe selbst blieben von 40 Wohnhäusern nur ...hrt, 32 aber, zusammt ihren Scheunen, wurden um- und nebst einer Menge ausgerissener Bäume weit fort- Hierbei bemerkte man, daſs die Wände der Häuser nach auſsen gedrückt waren; ebenso zu Lambre, wo gleiche Verheerung zeigte und die Einwohner zu- drehende Bewegung des Meteors, seine dunkle Farbe ...ntrum einer Flamme wahrnahmen, aus welchem die schwefligen Dämpfe ausfuhren. Die Bäume um waren mit den Wurzeln ausgerissen und 18 Häu- ...s aus gebrannten Steinen erbaut, bis auf den Grund ...bei sich gleichfalls der merkwürdige Umstand zeigte, ...ände nach auſsen gedrückt schienen. Vom Dorfe ...theilte sich der Wirbelwind in zwei Theile; der ...te sich in der Luft, der andere, welcher einer von ...rdwestwinde fortgetriebenen Wolke glich, gelangte ...eilen entfernten Stadt Lillers, wo er gegen 200 ...ſs und sich dann gleichfalls zerstreute. Hierauf ...immel klar, der Donner, welchen man von allen Horizontes gehört hatte, endete zugleich mit dem ..., und es folgte heiteres Wetter.

...an bei der Beschreibung dieses Meteors ungewiſs ...selbe für eine Landtrombe oder eine ungewöhn- ...l fortschreitende, in eine mächtige Dunstmasse ...uerkugel zu halten sey, so gehört unzweifelhaft ...hen Jahre am 24sten Juni zu Scarborough beob- ...teren Classe. Nach den Aussagen von mehr als ...en giebt John Dunn[1] folgende Beschreibung. ...orausgegangenen Gewitter bemerkten die Arbeiter ...actur eine dunkle Wolke, mit welcher sich alle ...ereinigten, worauf die ganze Masse in starke ...n und von einer dickeren oberen Schicht eine ...egen die Erde herabzusenken schien. Es bildete ... Säule, die in der Richtung von NNW. mit so ...fortschritt, daſs sie zwei starke Ulmen, von un-

1 ...h Phil. Journ. N. XIX. p. 11.

gefähr 4 Fuſs Umfang, die eine mit der Wurzel aus
andere über dem Boden abbrach. Der Abstand beide
von einander betrug 28 Schritt, woraus sich auf den
des Fuſses der Säule schlieſsen läſst. Die bei ihr
schreiten getroffenen jungen Bäume blieben bis auf ei
unversehrt, vermuthlich weil sie biegsam waren und
ringe Oberfläche darboten; dagegen warf die majestäti
schreitende Wolke eine am Strande aufgestellte Camer
in die See und zertrümmerte sie. Bei ihrem Fortg
Meere warf sie den Sand bis 60 Fuſs in die Höhe,
ganze Reihe der Badehäuser um und trieb sie, ei
Wegreiſsung des Daches und der Räder, in die See.
belwind stürzte sich hierauf zwischen die Hafendäm
den Schaum des Wassers bis zu den Spitzen der höc
sten empor, warf die Lichterschiffe durch einander,
8 bis 10 Fuſs in die Höhe gehoben wurde, füllte e
selben mit Wasser, riſs einige Briggs von ihren Ha
drang dann in den Hafen ein, drehte einen groſsen
beträchtlicher Geschwindigkeit um, hob eine Men
Gegenstände in die Höhe, und brach seine Gewalt
einem Haufen Bauholz, worauf er in schnellen Dreh
über eine Batterie wälzte und in die Wolken sich
verschwand.

Einige hielten das Meteor für eine Wasserhose,
dasselbe bloſs auf dem Meere sahen, allein es zeigte
her auf dem Lande als eine dicke, schnellwirbeln
säule; die See war aber ruhig, bis die Wolke
stürzte, und obgleich die Fläche des aufgeregten Wa
80 Ellen im Durchmesser hatte und der Schaum
Fuſs hoch emporgeschleudert wurde, so war die S
terer Entfernung doch vollkommen ruhig. Die Dich
Schlauches war so groſs, daſs einige Personen ih
Rauchsäule hielten, am meisten glich er aber dem
Brauhause oder einer Dampfmaschine aufsteigende
Die Geschwindigkeit des Fortschreitens läſst sich n
ermitteln, war aber sicher nicht gröſser, als die eines
Menschen, und das erregte Getöse glich dem von
schwer beladenen Wagen. Blitze und überhaupt leuc
scheinungen wurden dabei nicht wahrgenommen, doc

Digitized by Google

eigt, die Ursache dieser Meteore in der Elektricität
.

lten wir uns vorerst noch an die dem Lande eigent- ßrigen *Tromben*, so verdient auch diejenige erwähnt , die durch Pellis[1] zu Flaujagues bei Ste. Foy in e am 28sten Juli 1835 beobachtet wurde. Während , ohne zu regnen, bildete sich eine schwarze Wolke, ich andere seitwärts stürzten und die eine sicht- de Bewegung zeigte. Bald darauf senkte sie sich n eine schräge Richtung an, gelangte bis auf den bewegte sich durch den Wind getrieben binnen 20 r eine Strecke von einer französischen Meile, wo- mal die Dordogne passirte. Als sie diesen Fluſs Male überschritt, senkte sich ihr unterer Theil in er obere zog sich in die Höhe und wurde vom etrieben. In der Wolke glaubte Pellis zwei en, eine aufsteigende und eine herabsinkende, n; sie riſs auf ihrem Wege alles mit sich fort r andern 24 aufgehäufte Korngarben auf, von de- wieder gefunden wurde. Auf dem Strome stürzte etten gegen den Andrang des Wassers befestigte erheerte auf einer Strecke von 50 bis 60 Meter in on 8 bis 10 Meter alles, was ihr im Wege stand, ten Bäume aus, brach sie ab oder drehte sie um einem kleinen Hause das Dach ab, welches in ng von etwa 100 Schritten in einzelnen Stücken herabfiel. Die Wolke glich einem dicken Rau- s sie keinen Tropfen Regen fallen.

re Beachtung verdient die Trombe, welche am 5 unweit der Mündung der Mosel kurzdauernde anrichtete[2]. Ueber der Wasserfläche des Rheins, n Theil der Stromesbreite einnehmend, bildete schwebende Wolke, die einer hohen Wassersäule oben spitz zulief. Sie erhielt sich fast 10 Mi- nd, prallte dann bei Ehrenbreitstein gegen das urde zu einem Staubwirbel, der einige Bäume

Chim. et Phys. T. LXI. p. 174.
ntl. Blättern. Frankf. Zeit. N. 123. Genau beschrie- in Poggendorff's Ann. XXVI. 231.

ausriſs und eine Partie Wäsche in die Höhe führte. einen geringen Raum beschränkt, drückte sie auf ihre Thüren und Fenster ein, führte ein Dach etwa 40 Schri einzelne Schiefer eine Viertelstunde weit fort, warf Rahmen mit ausgespannten Häuten, jeder 43 Pfund sch den Rhein und die Mosel, und manches Geräthe a Speichern verschwand, ohne daſs man wuſste, wohin kommen war. Unter andern wurde in einer Gerberei ei ster eingedrückt und ein Pfahl ausgerissen, die nicht von stehenden Arbeiter empfanden aber nicht einmal leichten Windstoſs. Ein Mädchen mit einem Tragkorbe aufgehoben, aber von ihrem Begleiter festgehalten, d dagegen, welchen sie auf dem Kopfe trug, riſs der Wi fort und führte ihn in den Rhein bis auf ein Viertel d mesbreite. Es folgte später ein nicht eben bedeutender schauer.

5) In heiſseren Gegenden, namentlich in den vereinte von Nordamerika, wo die Temperatur höher und der We Temperaturen stärker ist, daher auch Stürme und zahlreicher und heftiger sind, als auf dem europäisch lande, zeigen sich ohne Zweifel auch zahlreichere T die jedoch minder allgemein bekannt werden. Inzwis Hare[1] über eine Trombe, die am 19ten Juni 1835 sic Meilen von New-Brunswick beobachtet wurde, einen Bericht abgestattet[2]. Sie bewegte sich mit einer G

---

1 Aus Americ. Journ. of Sc. 1837 April. In Bibl. univ. 1 p. 157.

2 Die Wirkungen, welche diese Trombe angerichtet hat, si nau und von verschiedenen Forschern untersucht worden, wei anlassung zu einem Streite über die eigentliche Beschaffenheit kungsart dieser Meteore gaben. Redfield vertheidigt die Mei solche Stürme eine wirbelnde Bewegung haben und daſs über rotirende Bewegung bei den auf dem nördlichen atlantisch vorkommenden Stürmen von der Rechten nach der Linken sey. S. Amer. Journ. of Sc. cet. T. XXXV. p. 206. Dagege Bache in Trans. of the Amer. Phil. Soc. T. V. p. 417, Es und Walter R. Johnson in Journ. of the Academy of the Nat of Philad. T. VII. P. II. die wirbelnde Bewegung, namentlic genannten Trombe, in Abrede, und unterstützten die Theor welcher durch Niederschlagung von Wasserdämpfen Wärme den und die so erwärmte, zugleich aber verdünnte Luft aufw

Digitized by Google

a 25 bis 30 engl. Meilen in 1 Stunde, endete aber
5 engl. Meilen von ihrem Ursprunge an zu Amboy.
lt glich der eines umgekehrten Kegels, welcher mit
s in den Wolken hängend die scheinbare Höhe von
engl. Meile hatte. Das Meteor riſs in einer Breite
s 600 Fuſs alles um, was ihm im Wege stand, so-
e, als auch Häuser, mehrere Dächer wurden abge-
d dieses alles geschah während einer Zeit von we-
ten, indem unter andern die Gebäude und Bäume
ng niedergerissen wurden, während der Besitzer
of lief. Blitze und Donner, insbesondere aber ein
sch, begleiteten das Meteor, alle umgestürzte Ge-
ren mit Koth von der Seite her überschüttet, von
und die Blätter aller biegsamen Gesträuche fanden

dieser aufwärts gerichteten und zugleich fortschreitenden
en sich dann die verheerenden Wirkungen der Sturm-
lassen. Hiergegen erklärt sich Redfield in Lond. and
Mag. N. 114, sucht seine Hypothese zu vertheidigen,
h eine Menge Argumente, die hauptsächlich aus der
ten Richtung der bei der in Frage stehenden Wetter-
Sturme, welcher am 15ten Dec. 1839 gleichfalls zu
groſse Verheerungen anrichtete, umgestürzten zahllosen
r befriedigend nach, daſs sich allezeit bei diesen Me-
belnde Bewegung zeige, aus welcher sich dann der
er zerstörenden Wirkungen erklären lasse. Ohne hier
weise mitzutheilen, die durch eine groſse Menge an-
rungen hinreichend begründet sind, wird die allge-
g genügen, daſs schon der Natur der Sache nach alle
ie über der Erde hinfahrend auf unüberwindliche oder
iderstehende Hindernisse treffen, keine rein fortschrei-
beibehalten können, sondern eine zugleich wirbelnde
n. Hiernach ist eine scharfe Grenze zwischen Sturm-
ersäulen an sich nicht möglich; man nimmt aber, um
att findende Unterscheidung einen genügenden Grund
ns, wo nicht allgemein an, daſs bei den Stürmen die
bei den Wettersäulen die rotirende Bewegung die vor-
zugleich die bezeichnende sey. Die Classe der Wet-
daher mit den nur wenig oder gar nicht fortschrei-
ln und endigt mit den schrecklich verheerenden, un-
fortschreitenden Orkanen, die Classe der Winde dage-
den vorzugsweise gerade fortschreitenden Luftbewe-
gt mit den Orkanen, bei denen eine starke Drehung
nen Gründen nicht fehlen kann, so daſs daher der Un-
n ihren Extremen verschwindet.

sich beschädigt. Von vier verwüsteten Orten lagen all genstände nach einem gemeinschaftlichen Centrum hin ge ein Strickbeutel wurde 7 engl. Meilen, ein Brief 20 von New-Brunswick fortgeführt[1].

6) Die Mittheilungen von Peltier[2] über die Landtr betreffen nicht bloſs die einfachen Phänomene, sonder gewahrt darin augenscheinlich das Bestreben einer genü Erklärung derselben. Nicht nach eigener Anschauung, nach dem Berichte eines Augenzeugen erzählt er das E den Fortgang und die Auflösung einer Landtrombe, d 18ten Juni 1839 in der Commune Chatenay (Dep. Se Oise) groſse Verheerungen anrichtete. Um 10 Uhr M kam ein Gewitter von Süden und blieb einige Zeit unter und Donnern über Fontenay stehn, bis um Mittag ein nachfolgte, welches gleichfalls stehn blieb, als es d obere erreicht hatte. Plötzlich senkte sich eine Wol letzterem herab, bis auf die Erde. Hiermit hörte der auf, aber alle leichte Körper von der Oberfläche der Er den angezogen, und eine Menge kleiner Wolken bewe schnell kreiselnd um den Schlauch. Einer der Beobacht mens Dutour, will gesehn haben, daſs der Schlau mit einer feurigen Kappe endigte, ein anderer, mehr erregten Staub eingehüllt, gewahrte dieses nicht, und a Fall würde es für etwas Auſsergewöhnliches zu halt Die Trombe bewegte sich langsam, verschonte die Geg die sie beim Vorübergehn nicht berührte, zerriſs und zelte aber die von ihr ergriffenen Bäume, stand einmal gabe nach 10 Minuten lang still, gerade damals, als s das erste Gewitter kam, zerstörte dann aber eine i Bahn liegende Villa mit einem Park, wobei bloſs die k noch sehr biegsamen Bäume verschont blieben, stürzte um und nahm die Dächer der Häuser fort, wobei ein me über 100, leichtere Sachen bis 500 Meter weit for wurden. Endlich theilte sich der Schlauch in zwei deren einer in die Höhe stieg, der andere sich gegen d

1 Da die Trombe überhaupt nur 17,5 Meilen durchlief, der Beutel noch gegen drei Meilen weiter fortgetragen worden

2 L'Institut. 7me Ann. N. 290. p. 242. Ein anderer B von Bouchard. S. Compte rendu cet. 1839. Nov. 15 u. 22. Ju

Digitized by Google

meisten bemerkenswerth ist, daſs der Erzählung nach
ch über einen Teich hinstrich, dabei viel von der
seiner Wirkung verlor, aber alle Fische tödtete. Die
atsache wurde übrigens durch genauere Erkundigung
auch will man eine in den Teich fahrende elektri-
sion bemerkt haben, wovon PELTIER das Tödten
ableitet. Ueberhaupt sind nach seiner Ansicht alle
n elektrischen Explosionen begleitet, und die Wir-
: sie auf dem Lande und auf dem Wasser hervor-
uhn auf der besseren Leitung, welche letzteres der
darbietet[1].

;e, was PELTIER weiter über dieses Phänomen be-
allem Anschein nach nicht mehr reine Thatsache
theoretischen Ansichten vermengt, und würde sich
lazu eignen, erst später erwähnt zu werden, wenn
rsuchen einer Erklärung dieser Meteore die Rede
llein die Meinungen, welche PELTIER hierüber
n so sehr von den Ansichten der übrigen Physiker
sie füglich hier vorläufig erörtern können. Es
n, daſs alle Bäume, die durch die Trombe ge-
, ausgetrocknet gewesen wären, wie wenn sie
en in einem Ofen von 150° C. befunden hätten.
tzliche Verschwinden (Verdampfen) der Feuch-
n Theil aller Stämme in Latten gespalten. Durch
rom der Elektricität soll die Temperatur erhöht
alle Feuchtigkeit verdampft seyn, weswegen die
hlechten elektrischen Leitern gemacht und zer-
ht ausgerissen wurden. Nach PELTIER's Ansicht
ch das Gewitter in eine Trombe; die elektrische
ten Gewitters stieſs die Wolke des zweiten Ge-
, die sich daher senkte und durch Staub, Bäume
er Erde in Verbindung kam, wobei der Saft der
die enorme Hitze sogleich verdampfte. Man will
, Feuerballen und Funken als Begleiter dieses
n, wie nicht minder einen Geruch nach Schwe-
sern wahrgenommen haben. Hiernach wäre also
le nichts anderes, als eine Wolke, welche die
elektrischen Ladungen einer oberen leitet, und

). N. 293. p. 272.

jedes Gewitter könnte durch eine solche Zwischenwolk
Wettersäule übergehn.

7) Einige weitere Modificationen dieser anfängl
nung Peltier's sollen später (§. 35) erwähnt werden.
tiger dagegen ist eine Berechnung der Kraft, welche
tersäule ausübte, worüber ich kaum irgend eine son
gabe finde. Lalanne[1] berechnet, daſs zum Umstürz
nen zerstörten Mauer eine Kraft von 300 Kilogram
ein Quadratmeter Fläche erforderlich gewesen wäre.
der Wind 150 Meter Geschwindigkeit in einer Secu
beträgt der Druck nur 281 Kilogramme, und d
Winddruck kann daher nicht gröſser als zu 275 K
angenommen werden. Hiernach glaubte er, es m
Wettersäule ein Luftvacuum gewesen seyn, wodur
1000 Kilogrammen Druck gegen eine Fläche von ei
dratmeter erzeugt werden könne. Ich theile diese
mit, ohne in eine Prüfung derselben einzugehn,
Thatsachen nicht genugsam bekannt und nicht hinlän
gründet sind; von der Kraft der bewegten Luft wi
Wind die Rede seyn.

8) Wettersäulen, die zunächst dem Lande ange
gleich aber auch das Wasser groſser Flüsse berühren,
sehr selten; zwei solche sind durch Nöggerath besch
den. Die eine derselben zeigte sich am 4. Aug. 18
derwesseling unfern von Bonn[2]. Gegen Mittag d
sahen die Bewohner jener Gegend gegen Südwest eine
Wolke, die sich stets tiefer zur Erde herabsenkte,
welcher im Verlaufe der Zeit ein ziemlich breiter, n
weiſsgrauer Streifen herabhing, welcher nach unten
terförmig erweiterte. Die Farbe dieses unteren The
schied sich kenntlich von der den Streifen zum T
schlieſsenden Wolkenhülle; auch beobachtete man de
schnelle Umdrehung der trichterförmigen Erweiterung
verticale Axe. Einem etwas entfernten Beobachter e
Ganze als ein dichter Nebel oder ein von einem Feu

1 L'Institut 7me Ann. N. 293. p. 270.

2 Kastner's Archiv. Th. III. S. 52. Es ist in der That
dig, daſs gerade in jener Gegend am Rhein so viele Wetters
kommen.

Digitized by Google

mpf von weiſser Farbe, dessen Breite über der Erde
) Schritte schätzte und der in einer Höhe von etwa
eine Spitze auslief. Auf seiner Bahn von SSW.
. warf das Meteor die auf den Feldern liegenden
einen Teich, aus welchem nachher mehrere Tausende
usgezogen wurden. Die Bahn krümmte sich etwas
Dorfe Wesseling zu, vor welchem der Wirbel die
Getreidegarben in einer Breite von 40 bis 50 Fuſs
riſs und umherschleuderte, dann aber, im Dorfe
nter einem Getöse, welches dem Gerassel schwer
agen glich, gegen die Zäune und Häuser warf, wo
re Menge die Straſsen sperrten. Auſserdem wurden
her beschädigt und 6 gänzlich zerstört, fest ver-
en, Läden und Fenster aufgerissen, eiserne Be-
gen oder abgerissen, eine 80 Pfund schwere ei-
von einem Schornsteine 12 Schritt vom Hause weit
rt, eine Scheune gänzlich zerstört, viele Bäume
t, theils ausgerissen, theils abgebrochen und zwei
ende Knaben ins Wasser geschleudert, die nur
rbeieilenden Hülfe ihre Rettung verdankten. Im
sich die Wettersäule bis zu 250 Fuſs aus, über
hinaus aber herrschte gänzliche Windstille. Die
in diesem Dorfe geschahen in einer Zeit, die man
s 3 bis 4 Minuten schätzte. Vom Dorfe aus
Meteor den Rhein, und hier zeigte sich in der
nes ein prachtvoller Anblick, indem die unge-
s Wirbels das Wasser bis zu 24 Fuſs tief gleich-
te, so daſs man den Boden des Flusses sehn
nd die Wellen daneben sich gegen 40 bis 50
hürmten. Der früher bemerkte weiſslich graue
her aus der Wolke herabhing, war auch noch
ser umgeben kenntlich, unten breit, nach oben
er, und zuletzt in den Wolken sich verlierend.
s bewegte sich das Meteor mit geringerer verhee-
h etwa eine halbe Meile weit fort und verschwand
weiſse Schlauch zusammt seiner schwarzen Wolke
olken zerfloſs. Nöggerath bemerkt hierbei ganz
ieses Meteor in drei Beziehungen beachtet zu
zuerst sofern seine Gestalt die umgekehrte der
ar, zweitens weil die Breite desselben wechselte,

Digitized by Google

und drittens indem die Gleichheit der auf dem Lande
Wasser sich zeigenden Wettersäulen daraus hervorgeht

9) Die Beschreibung des zweiten Meteors dieser
che Nöggerath[1] mitgetheilt hat, ist um so schätzbar
von Grossmann, einem mit den physikalischen Gese
trauten, aufmerksamen und genauen Beobachter, herrüh
vorausgegangener, mehrere Tage anhaltender groſser H
trotz einiger Regenschauer nicht gänzlich nachlieſs, z
am 25sten Juni 1829 an dem nach einem vorausg
Regen noch bedeckten Himmel in einer schwarzen W
runde lichte Masse, die nach oben die Gestalt eine
steins annahm, aus welchem ein grauweiſser Dampf
reren Oeffnungen mit groſser Gewalt auszuströmen sch
Meteor bewegte sich nach der Mosel hin, und schien
ten Ufer dieses Flusses gleichsam neu entstanden zu
es seine Verheerungen begann; es warf die um ei
aufgehäuften Steinkohlenmassen durch einander, stü
Arbeiter von einem Kalkofen herab und überschritt
schrecklichen Geprassel, als wenn viele Steine durc
geworfen würden, die Mosel, wobei das Wasser
empor spritzte. Jenseit des Flusses lieſs es Spuren
ges zurück und warf einige Weiber ohnmächtig zu Bo
Arbeiter beobachteten seinen Gang von einem Baume
sie erstiegen hatten, ein anderer war dreist genug,
zu folgen, was beinahe im gewöhnlichen Schritte mö
allein wegen der zickzackförmigen Bewegung befa
plötzlich in demselben, und es war ihm dabei, a
bald ihn fortziehn, bald in die Höhe heben, und
sich auf ein Werkzeug stützend gebückt hatte, war
lings zu Boden geworfen und auf diese Weise be
Ganzen bemerkte er weder einen Geruch noch
sondern bloſs das betäubende Gerassel; mit Gewiſsh
aber zwei Bewegungen wahrgenommen haben, die ein
fer Richtung nach oben gehend, wodurch Aehren
Körper fortgezogen wurden, die andere dieser e
setzt.

Dieses letzte Meteor war von dem zuerst gesch
schieden, und es ist nicht unwichtig, daſs beide

1 Schweigger's Journ. Th. LVI. S. 372.

Digitized by Google

wurden. Das zuletzt wahrgenommene hatte die 10 bis 18 Schritten und durchzog eine Länge von Schritten; ſeine Geſtalt war nahe kegelförmig, ſeine graulichweiſs, bald gelblich, bald dunkelbraun und feurig. Das erſte Meteor ſtand über dieſem in der egte ſich faſt parallel mit ihm gegen Norden, ſtieſs wa 18 Minuten eine Menge graulichweiſsen, zuwei- Dampfes aus, der aus einer Entfernung von etwa lmeile geſehn die Geſtalt einer 140 Schritte langen nahm, deren Kopf nach NNO. und deren Schwanz gerichtet war. In einer Zeit von 8 bis 10 Minu- h dieſer Schwanz von unten nach oben herumge- d in dem Augenblicke, als er den Kopf berührte, nze Phänomen ein Ende, ohne daſs irgend je- Explosion gewahrte. Gleich nachher aber verbrei- r die ganze Flur ein ſtinkender, ſchwefelartiger bald darauf entlud ſich über einem etwas ent- le ein Hagelſchauer mit dicken Körnern.

Verbindung der Wetterſäulen mit Hagelſchauern zu den Seltenheiten. So war es der Fall mit der- h welche am 4ten Meſſidor 1801 die Stadt Mar- re Umgegend verheert wurden[1]. Es war dieſes s den Wolken herabhängender Schlauch, deſſen Erde faſt eine franzöſiſche Meile im Umfange t zerſtörte die Wetterſäule eine Menge Dächer, vom Hauptthurme, wandte ſich hernach in das die Bäume und ſchüttete dann eine Menge Ha- auf ein heftiger Regen folgte, deſſen Waſſer in en das Getreide wegſchwemmte. Auf ähnliche die Wetterſäule am 10. Mai 1818 zu Giſtebnitz Kreiſe[2]. Man ſah dieſelbe am fernen Horizonte von hier aus ſich dem genannten Orte nahn, wo äuſer umwarf, Bäume zerbrach und zuletzt auf de austobte, indem ſie Sand, Steine und ſon- nde in die Höhe hob. Das Ganze endigte mit lichen Hagel. Es wird zugleich behauptet, das ſengt worden, was indeſs ſchwerlich conſtatirt

Paris. 1801. N. 294.
ntl. Blättern.

ist. Ganz ohne Hagel und Regen endigte dagegen d
Trombe, welche sich am 6ten Juli 1822 bei Ossonval
Die von allen Seiten herbeiströmenden Wolken flossen
einzige zusammen, die den ganzen Horizont bedeckt
aus welcher ein Schlauch sich herabsenkte, dessen
Ende sich mit bedeutender Geschwindigkeit um sei
ticale Axe drehte. Bei ihrer mit dem Winde fort
Bewegung richtete sie die gewöhnlichen Verheerungen
riſs die Kronen der stärksten Bäume und führte sie fort
auch 25 bis 30 derselben um und warf sie nach versch
Richtungen, so daſs man hieraus deutlich ihre kreis
wegung erkannte. Zuweilen will man aus ihrer Mitt
und dem Schwefeldampfe ähnliche Ballen ausfahren
haben, auch erzeugte sie ein Geräusch, als wenn ein
Wagen über ein Pflaster fährt. Nachdem sie in de
Witternestre von 40 Häusern 32 stark beschädigt ode
hatte, löste sie sich auf, indem der obere Theil sic
Höhe zog, der untere in eine leichte Wolke zerfloſs.

10) Die auf dem Lande so groſse Verheerungen
tenden Wettersäulen wurden meistens für Sturmwind
ten, bis eine genauere Untersuchung zeigte, daſs sie
eigentlichen Wassertromben dem Wesen nach identis
Hierin liegt wohl die Ursache, daſs sie von den Al
als eigenthümliche Meteore erwähnt werden, statt da
gentlichen Wassertromben ihrer Aufmerksamkeit nich
konnten, weswegen auch schon Lucretius[2] eine Bes
derselben giebt. Auſserdem scheinen sie auf dem Wa
ſiger zu entstehn[3] und hinsichtlich ihrer eigenthümli
stalt auffallender und merklicher hervorzutreten. Nach
zeigen sie sich nie in der Mitte der Aequatorialmeere,
regelmäſsigen Passate wehen, unter niederen Breiten
hohen Meere aber nur da, wo Windstillen herrschen
änderliche Winde wehn, am häufigsten in der Nähe
des. So beobachtete man sie hauptsächlich an der K

1 Becquerel Traité expérimental d'Electr. T. VI. p. 17

2 De rer. nat. L. VI. vers. 423.

3 Peltier's auf Vollständigkeit Anspruch machendes V
enthält 56 Wasserhosen und 60 Landtromben, s. Becquerel
p. 185; dennoch sind die ersteren gewiſs häufiger, werden
tener bekannt gemacht.

4 Meteorologie. Th. II. S. 545.

Digitized by Google

in der Straſse von Malacca, im mittelländischen und Meere. Auf letzterem Meere, so wie unter mittleren auf der Nord- und Ostsee und dem finnischen Meer- gehören sie zu den nicht eben seltenen Erscheinungen. seine reichen Erfahrungen und seine unbefangene Beob- ausgezeichnete Horner[1] giebt über sie folgende Bestimmungen:

Sie entstehn meistens bloſs in der Nähe des Lan- unbeständige Winde und wechselnde Temperaturen

sind allezeit von örtlichen Gewittern oder minde- trischen Erscheinungen begleitet, erscheinen aber nie hnten Gewittern.

enso wenig sind sie jemals Wirkung eines allgemei- es, vielmehr herrscht um sie her meistens Wind-

führen, so wie die Landtromben, alle von ihnen Gegenstände mit sich fort.

entstehn bald von oben aus den Wolken, bald von dem Wasser.

Masse besteht nicht aus dichtem Wasser, sondern Wasserdunst.

Gröſse ihres Durchmessers ist von 2 bis 200 Fuſs und ihre Höhe von 30 bis 1500 Fuſs.

Landtromben haben mit den Wetterſäulen auf dem leichen Ursprung, sind aber heftiger wirkend und , weil durch das Entgegenkommen des Wassers gewicht der Elektricität erhalten oder hergestellt, und Wirkung vermindert wird.

Beschreibungen von Wettersäulen auf dem Wasser viele, daſs ich mit Uebergehung der älteren Beob-[2] nur einige der späteren ausführlicher mitzutheilen essen halte.

LXXIII. 95.

gehören die von Dampier in dessen Voyage round the Collection of Voyages. Lond. 1729. 8. T. I. p. 452. Philos. XXII. p. 805. T. XXIII. p. 1077. T. XXVIII. p. 78. T. T. XLVII. p. 477. Hieraus haben vorzüglich Musschen- T. II. Tab. LX. und Bergmann physikal. Beschreibung d.

Labillardière[1] fand es der Mühe werth, die
liche Trombe, die er unter dem Aequator in 135° 4
gewahrte, zu beschreiben. Um das Schiff herrschte
Windstille, aber an jenem Orte war das Wasser in s
wegung und weiſslich. Sie hatte die Gestalt zweier
Kegel, die mit ihren Spitzen zusammenstieſsen; die
einen stand auf dem Meere, die des andern verlor s
ner dicken Wolke. Die Wolken schienen ihm von e
ken Wirbelwinde bewegt zu werden, der eine gr
Wasser vereinigte und es in Strömen ausgoſs, und L
dière meint, daſs auf diese Weise die Wettersäul
den, bemerkt aber zugleich, daſs dann das aufgeho
ser der See salzig seyn müsse, da er doch aus d
eines glaubhaften Zeugen, welcher zwei auf ein S
sah, mit Gewiſsheit wisse, daſs dasselbe süſses sey,
durch andere Angaben genügend erwiesen ist.

12) Zu den genauesten Beschreibungen des Ents
des Verhaltens der Wettersäulen auf dem Meere, so
begleitenden Umstände, gehören die, welche Mich
seinen längere Zeit zu Nizza angestellten Beobachtu
ben hat. Die Zeichnungen, wodurch er seine Ang
tert, dienen zwar sehr zur Versinnlichung, es wird
nöthig seyn, diese hier mitzutheilen, da sich die H
ohnehin deutlich machen lassen, wenn ich mich z
die später folgenden Figuren solcher Wettersäulen b
wohl als den meisten derselben am ähnlichsten gelte

Die Wettersäulen bestehn aus drei wesentliche
dem Fuſse derselben, welcher sich auf dem Meere e
nem herabhängenden geraden oder gekrümmten Schla
den Wolken, woran dieser oben befestigt ist
denen er, mehr oder minder der Oberfläche des W
nähernd, herabhängt. Daſs diese Wolken auch für s

Erdkugel. Greifſw. 1780 geschöpft. Hist. de l'Acad. 1727.
p. 20; 1764. p. 32; schwed. Abhandl. Th. XII. p. 285. F
per. and Observ. on Electricity. Lond. 1769. p. 231. R
Blitze. Hamb. 1778. §. 155. Forster Reise um die Welt.
Th. I. S. 144.

1 G. XXX. 188.

2 Journ. de Phys. T. XXX. p. 284. Mém. de l'Acad
T. VI. Daraus in G. VII. 49.

Digitized by Google

, hat überall nichts Auffallendes, und so kann man sich
icht vorstellen, daſs aus ihnen Schläuche bis zu be-
er Tiefe herabhängen, ohne daſs sich unter ihnen der
ildet; daſs aber der letztere ohne Anwesenheit eines
es, wenngleich bei vorhandenen Wolken, für sich
bildet wird, ist allerdings im hohen Grade merkwür-
gleich aber durch unzweifelhafte Beobachtungen genü-
stätigt. So sah unter Andern Michaud von seiner
g zu Nizza aus in der Entfernung eines Flintenschus-
Fleck auf der See von 10 bis 12 Toisen Durchmes-
welchem aus Dünste als dichte Nebel bis zur Höhe
Toisen emporstiegen. Auffallend war ihm dabei daſs
ste sich gleich aufgespannten Segeln aufrecht erhiel-
achtet ein frischer Wind sie zum Ufer hin trieb, wo-
gekommen die aufschäumende Masse umgestürzt und
krümmtes Horn, die Spitze nach unten gekehrt, vom
rtgeführt und zerstreut wurde. Am nämlichen Tage
e in 2 bis 3 franz. Meilen Entfernung eine völlig
e Wetterſäule mit einem sehr groſsen und hohen Fuſse,
ten von kleinerem Umfange war, sich aber oben bis zu
Gröſse ausbreitete, indem der wolkenartig aufstei-
l in seinem Innern viele emporgeschleuderte Was-
zeigte. Derselbe glich einem vulcanischen Krater,
Ströme von Wolken und Massen von Seewasser aus-
diese aufsteigenden Massen senkte sich der bis un-
ntlich begrenzte kegelförmige, unten spitz zulau-
uch in gerader Richtung bis fast zur Meeresfläche
rab. Die Farbe des Meteors war ein dunkles In-
so sahen auch die Wolken aus, die sich von O. nach
iteten. Während der Beobachtung schlug ein Ha-
mit Körnern von der Gröſse einer Flintenkugel ge-
Fenster, die den Früchten keinen Schaden thaten, ob-

---

t oben Art. *Meer.* Bd. VI. S. 1709 ausführlich über die
Meeres gehandelt und dabei gezeigt worden, daſs diese sehr
Bedingungen abhängt. Eben dieses ist der Fall bei den Wol-
lassen sich daher auf die Farbe der Wetterſäulen keine
en Schlüsse über ihre physische Beschaffenheit bauen. Ge-
l, daſs sie aus mehr oder minder dichtem Dunste bestehn,
ihre Farbe nach dem auffallenden Lichte verschiedentlich
ſs.

gleich sie sich bis zu 4 Zoll Höhe aufhäuſten, weil a
aus zusammengeballten Schneeflocken ohne bedeutend
bestanden. Einige Zeit nach dem Verschwinden der e
obachteten Trombe zeigte sich eine neue, die wohl s
dritte seyn mochte, weil der Hagelschauer die anhalt
obachtung unterbrochen hatte. Bei dieser zog sich nac
Zeit der Schlauch in die Wolken zurück und der
schwand. Kaum war auch diese verschwunden, als auf d
lichen Platze, wo die erste gesehn worden war, sich der
men ausgebildete Fuſs einer neuen zeigte, dem aber der
gänzlich fehlte. Diese Entstehung war einestheils me
sofern daraus hervorgeht, daſs der Schlauch den Fuſs
nicht nothwendig und stets bildet, sondern sogar nic
unmittelbar bedingt, anderntheils auch deswegen, weil
an der Stelle seines Ursprungs unbeweglich stehn bl
daſs die übrigen mit dem Schlauche zugleich fortsch
einiger Entfernung über diesem Fuſse hing ein kle
kenzipfel herab, welcher sich bewegte, und als e
über den ausgebildeten Fuſs gekommen war, senkte
vielen Krümmungen als ein sehr dünner Schlauch
herab, der sich dadurch mehr ausbreitete; die viel
mungen verloren sich, es entstand ein eigentliche
und somit eine völlig ausgebildete Wasserhose, d
augenblicklich tief dunkel wurde und die sich m
wöhnlichen Schnelligkeit in der Richtung der fr
wegte. Endlich bildete sich noch eine vierte Wasse
auf die Art, wie die früheren, und es folgte ein S
ber, welches die Nacht hindurch anhielt und eine M
brachte. Diese merkwürdige Beobachtungsreihe zeig
vorhandener Disposition mehrere solche Meteore ku
ander entstehn können, was nicht zu den seltene
nungen gehört; denn wohl in den meisten Fällen
gleichzeitig zwei oder mehrere vollkommene oder unv
Wasserhosen.

13) Unter den Bemerkungen, welche Michaud
zugleich den Beobachtungen von noch zwei andern
sehenen Wasserhosen hinzufügt, verdient noch be
achtung, daſs seiner Erfahrung gemäſs der Fuſs di
an Gröſse abnimmt, sobald sie sich der Küste nähe
gleich auch dann, wenn die Tiefe des Meeres sich

Digitized by Google

er folgert, daſs die Höhe der Füſse nie gröſser sey, Tiefe des Wassers. Nach den verschiedenen hierüber nden Zeichnungen muſs man in der That schlieſsen, daſs der Tromben, die über Seen und groſsen Flüssen werden, wirklich bedeutend niedriger, die Schläuche dagegen länger sind, als bei denen, die den Meeren n. Merkwürdig war auſserdem der verhältniſsmäſsig Wind, welcher diese sich oft wiederholenden Phäno- gleitete. Die Stärke desselben ging daraus unwider- hervor, daſs ein kleines Schiff an der Küste zu an- achte, aber nicht verhindern konnte, auf den Strand zu werden, auch wurden einige andere Schiffe etwas g. Michaud bemerkt jedoch, daſs die Wellen nicht waren, weil der damals herrschende Ostwind über- Oertlichkeit wegen minder heftig ist, und auſserdem daſs derselbe eine mehr horizontale Richtung hatte. Fall scheint die Disposition zur Bildung von Was- gerade zu jener Zeit so geeignet gewesen zu seyn, Wind ihre Entstehung nicht hindern konnte. Hierfür ſserdem auch die häufige Wiederkehr des nämlichen , was jedoch auch anderweitig wohl beobachtet wor- So sah man einst an der irländischen Küste eine Was- deren Höhe auf 50 Fuſs geschätzt wurde, die oben zu hien und nach deren Verschwinden mehrere nach- Ein anderes Mal wurde ebendaselbst eine Wasserhose deren Schlauch den bereits gebildeten Fuſs nicht er- ber doch war der Theil des Meeres unter dem herab- Schlauche in starker Bewegung, während die um- Fläche in vollkommener Ruhe blieb [2].

Interessant sind die Erzählungen, welche Boussard [3] e von ihm an den Küsten der Insel Cuba beobach- erſäulen mittheilt, um so mehr, als er die bloſsen That- ohne Einmischung theoretischer Ansichten, berichtet. Juli 1782, an einem schönen, warmen Tage, bei neb- orizonte und wolkenfreiem Himmel, erhob sich etwa 6 n von der Küste plötzlich in einiger Entfernung vom

inburgh New Phil. Journ. N. III. p. 139.
Ebendaselbst. N. XXVII. p. 180.
rn. de Phys. T. III. p. 346. G. VII. 73.

Vordertheile des Schiffes eine Trombe. Während das S
ihr näherte, nahm sie beträchtlich zu, bis sie etwa
Toisen entfernt war. Zu dieser Zeit schien der Du
ihrer Grundfläche 4 Toisen, der des unteren Theiles
4 Fuſs und der mittlere Theil der letzteren 10 Fuſs
gen, der obere Theil aber erweiterte sich und bi
Wolke. Ein leichter Ostwind schien die Trombe und
wölk vor sich her zu treiben, und als beide sich eini
fen der Flotte näherten, wurden mehrere Kanonenk
gegen geschossen, welche das Zuströmen des sch
Höhe kreiselnden Meerwassers unterbrachen; die
wurde sofort unten kleiner, der Schlauch trennte
Fuſse und das Aufbrausen nahm ein Ende. Die
wegung schien regelmäſsig von unten nach oben g
seyn, sie lieſs nach und bildete nicht mehr die W
den ganzen Horizont bedeckten. Bald darauf lie
Donner hören, ein Blitzstrahl traf eins der Schiffe,
ein Regen, welcher eine Stunde lang anhielt und
merklich abkühlte. Der Schlauch war stets minder
das Gewölk, und gegen das Ende merklich heller.

Boussard bemerkt bei den Betrachtungen, d
dieses Phänomen anstellt, er habe oft bei fast w
Himmel wahrgenommen, daſs die Wasserhosen sich
dem Meere erheben, die dazu gehörigen Wolken e
oder doch vergröſsern und Stürme veranlassen, we
dumpfe Getöse, welches man wahrnimmt, und das
im Fuſse nicht vom herabfallenden Wasser herrühre
dem das aufbrausende Wasser vielmehr im Schlauch
wie der Augenschein zeigt. Nach seiner Ansicht
daher nicht annehmen, daſs das Wasser in dem Sch
absinke, weil sich sonst hierdurch die ganze Wol
müsse.

Boussard beobachtete später bei der Insel Te
zwei Wasserhosen. Beim Entstehn der ersten bef
in einem Boote, also in geringer Höhe über der M
und erblickte sie in der Entfernung von etwa einer
erst, nachdem sie ausgebildet war. Der sehr sta
sende Fuſs hatte ungefähr einen dreimal gröſseren D
als der Schlauch, dessen innerer Theil durchsichtige
das Uebrige, weswegen er auch diesesmal das Wa

Digitized by Google

darin aufſteigen sah, wobei sich die Wolke beträchtlich ...g vergröſserte und mannigfaltige Farben annahm. ...ptfarbe des oberen Theiles war röthlich, des unteren, die Trombe grenzte, schwärzlich braun. Nach 15 bis ... entstand östlich neben dieser eine zweite Trombe, nur etwa 15 Minuten ohne merkliche Vergröſserung worauf sich der Schlauch von dem Fuſse trennte, letz... senkte, und man nichts weiter sah, als den zurück...en Wolkenzipfel. Der untere Theil des Schlauches ...t über 1 Fuſs, der mittlere 2 Fuſs, der oberste 10 ...ſs dick zu seyn; der aus dem Meere aufbrausende ... viel stärker und erhob sich bis zu ungefähr 12 oder ... Auch in diesem Schlauche stieg das Wasser regel...mpor und er war dunkler, dagegen der der ersten ...chter, als die Wolken, von denen sie herabhängen. ... Murhard[1] versichert, bei den etwa sechs Wasser...die er auf dem mittelländischen Meere gleichzeitig be..., deutlich wahrgenommen zu haben, daſs das Wasser ...Schlauche aufwärts stieg und zugleich herabsank, wo...auſserdem drehende Bewegungen in horizontalen Ebe...fanden.

Eine Beschreibung der Gestalt der Wasserhosen und ...ungen, welche sie im Allgemeinen darbieten, hat ...[2] mitgetheilt. Die Hauptsache des Ganzen ist von ..., der sie aus dem Tagebuche des erfahrenen See... George Maxwell entlehnte, welcher als Capitain ...schen Handelsschiffes häufig Congo besuchte. Zuerst ... eine spitz herabhängende schwarze Wolke A, und ... deren Erscheinen beginnt das Aufwallen des Meeres, ... durch D dargestellt ist. Letzteres hat dem An...ch Aehnlichkeit mit einem rauchenden Ofen. Die ... kegelförmige Wolke sinkt dann mehr und mehr her...fast zur Oberfläche des Meeres, während die rau...erscheinung stets höher und höher steigt, bis sie die ... erreicht hat, aus welcher der Schlauch herabhängt. ...he, in B dargestellte, vollständige Wasserhose soll ...en, die das Unglück haben, in ihre Nähe zu kommen,

Fig. 179.

... XII. 242.

...s Annalen d. Ph. LXXIII. 96.

höchst gefährlich seyn. Beginnt das Meteor sich zu zer
so nimmt es die Gestalt an, die durch C versinnlicht i
schwarze Wolke zieht sich in der Regel aufwärts, nir
zottiges Aussehn an, läſst aber eine dünne, durchsichtig
CE zurück, welche bis zu dem Wasser herabreicht, a
chem die dem Rauchen ähnliche Erscheinung stets no
dauert. Um diese Zeit will Maxwell im oberen Th
Röhre eine eigenthümliche Bewegung wahrgenommen
Brewster bemerkt hierbei, daſs diese Angaben genau
nen übereinstimmen, welche Alexander Stewart[1]
von ihm 1701 im mittelländischen Meere gesehenen
hosen mitgetheilt hat. Dieser sagt: bei allen, insbeson
bei der groſsen Säule, bemerkte man, daſs sie gegen
anfingen auszusehn wie ein hohler Canal, bloſs an den
schwarz, in der Mitte aber weiſs; und obgleich die
anfangs überall schwarz und undurchsichtig war, so ko
doch sehr deutlich das Meerwasser in der Mitte dieses Ca
steigen sehn, wie den Rauch in einem Camine, mit ein
Schnelligkeit und sehr sichtbarer Bewegung. Bald dara
sich der Canal in der Mitte, und verschwand allmäli
rend das Aufkochen und die säulenartige Gestaltung d
wassers bis zuletzt fortdauerte, ja selbst noch gerau
nachdem der Schlauch verschwunden war, und viel
die Trombe aufs neue erschien oder sich wieder bildete
meistens an derselben Stelle als zuvor geschah, indem
nen 15 oder 30 Minuten mehrmals zerbrach und wi
stand.

16) Brewster forderte seine Landsleute auf, wer
legenheit hätten, Wasserhosen zu beobachten, ihm di
nen Resultate mitzutheilen. Dieses veranlaſste Napie
schreibung der von ihm am 6ten Sept. 1814 ziemli
Nähe unter 30° 47′ nördl. Br. und 62° 40′ östl. L. v
wich gesehenen. Das Barometer zeigte 30,1 Zoll
Thermometer 27°,22 C., die Luft war schwül un
gegen Süden schwebten schwarze schwere Wolken n
Himmel, und es herrschte veränderlicher Wind,
wann mit einigen Tropfen Regen. Um 2 Uhr Na
bemerkte man, daſs sich etwa 360 Faden rechts vo

1 Philos. Trans. 1702. p. 1077.

Digitized by Google

rdentliche Art von Wirbelwind bildete. Er hob das
cylindrischer Gestalt und vom Durchmesser eines
es anscheinend im Zustande von Rauch und Dunst
e. Dieser Fuſs der Trombe zog in südlicher Rich-
dem herabhängenden Gewölke, indem er an Höhe
g zunahm, mit schraubenförmiger schneller Bewe-
er mit dem Ende einer Wolke in Berührung kam,
h ihrerseits herabsank, um mit ihm zusammenzutref-
eine Seemeile vom Schiffe blieb die Wasserhose
uten an derselben Stelle unverrückt stehn; an ihrem
te und dampfte das Wasser und entlud sich rau-
d zischend in die über ihr hängende Wolke, wäh-
lbst eine schnelle spiralförmige Bewegung hatte, und
oder gerade streckte, jenachdem die veränderlichen
es mit sich brachten, die nun abwechselnd aus allen
es Compasses wehten. Bald darauf kehrte die Trombe
en, in gerade entgegengesetzter Richtung des Win-
er um das Schiff herrschte, zurück und ging gerade
euerbordbaum desselben los. Man suchte derselben
änderte Richtung des Schiffes auszuweichen, allein
o nahe, daſs man das übliche Mittel wählte, auf sie
n. Nachdem mehrere Schüsse geschehn waren und
eine Kugel gerade in dem Abstande eines Drittels
Basis durch sie gegangen war, erschien sie eine Mi-
wie in zwei Stücke horizontal durchschnitten, und
ile schwankten in verschiedenen Richtungen hin und
würden sie von entgegengesetzten Winden bewegt, bis
wieder vereinigten. Einige Zeit nachher zerstreute sich
e in eine ungeheure schwarze Wolke, aus der es in
chweren Tropfen auf das Verdeck des Schiffes regnete,
Volke erschöpft war.

er Zeit, als der Schuſs oder die Erschütterung der
ch die Schüsse die Wasserhose in zwei Theile theilte,
Fuſs weniger als eine halbe Seemeile vom Schiffe ent-
d bedeckte eine Fläche Wasser, welche volle 300
Durchmesser hatte, vom einen Rande der kochenden
zum entgegengesetzten gerechnet. Wo der Schlauch
war, etwa in $\frac{2}{3}$ ihrer Länge aufwärts, schien er 6
Durchmesser zu haben; die scheinbare Höhe des Hal-
Wolke, in welche die Hose das Wasser auslud, betrug

40°, die Wolke selbst aber erstreckte sich über den S
punct des Schiffes hinaus und rings umher in be
Weite. Napier setzt ihre damalige Entfernung auf $\frac{1}{2}$
oder 2050 Fuſs, und dann giebt dieses eine Höhe v
Fuſs für die Trombe. Das Wasser an der Basis k
einem weiſsen Rauche, wovon ein Theil nach auſs
einem gewissen Umfange geſtoſsen wurde, ein ander
als ein dicker dunkler Dunst aufstieg, der sich al
dünne Streifen ordnete, so wie er den Wolken näher
sich alles zerstreute und ein heftiger Regenguſs ausbr
zuvor, ehe die Trombe sich auflöste, sah man zwei
Süden, die jedoch kleiner waren und nur kurze Zeit
Das Barometer stand nach dem Meteore unverändert, d
mometer war um 1° gestiegen; der Wind blies während
desselben und des nachfolgenden Regens, also etwas
halbe Stunde, abwechselnd aus allen Strichen der W
sprang mehrentheils in entgegengesetzter Richtung u
immer sehr schwach und erreichte nur auf Augenb
Stärke eines frischen Windes. Blitz und Donner wu
beobachtet und das auf das Verdeck fallende Wasser
Regenwasser.

Das Schieſsen gegen die Wasserhosen ist ein den
allgemein wohlbekanntes Mittel, welches sie zur Sich
gen ihre Wirkungen anzuwenden pflegen, wenn sie
nonen versehn sind. Merkwürdig ist in dieser Bezieh
Beobachtung von Ogden [1], welcher auf seiner Tour
vannah nach Norfolk an einem heiſsen Tage mehrere
entstehn sah, während einzelne dicke Wolken am
standen; die Erscheinungen dabei waren die gewöhnlic
endigten sie meistens mit Blitzen aus den Wolken. E
selben wurde eine 32pfündige Kanonenkugel mitten d
unteren Theil geschossen, welche sie in zwei Theil
und verursachte, daſs das Wasser nach beiden Seiten
ohne jedoch eine wesentliche Aenderung hervorzubrin
dichte Wolke, aus welcher diese Trombe herabhing,
gefähr 300 bis 400 Fuſs hoch über dem Schiffe; aus
lothrecht der Schlauch in 200 Fuſs Entfernung vo

1 Silliman Amer. Journ. of Sc. 1836. Jan. Biblioth. uni
nève. 1836. T. III. p. 158.

Digitized by Google

ı, die Wolke allein schien sich dann zu bewegen, beil der Trombe aber schien vom Schiffe gleich- stoſsen zu werden, und ging in ungefähr 60 Fuſs or dem Hintertheile desselben vorüber. Unter dem ır das Meer sehr bewegt; einige Fuſs über der Wassers nahm man deutlich eine kreiselnde Be-, und hörte zugleich ein Geräusch, als wenn durch eine enge Oeffnung strömt. Der Schlauch is 5 Fuſs Durchmesser, schien scharf begrenzt, sich erst da schnell, wo er mit der Wolke in t; seine Farbe war licht und dunstartig, insbe- man ihn aus geringerer Entfernung betrachtete. ke wurde zunehmend dichter und zeigte leuch- on Elektricität. Nachdem sich die Trombe et- in der Nähe des Schiffes aufgehalten hatte, e Theil des Schlauches zunehmend dünner und ıälig in der Wolke, worauf man einige Mal und dicke Regentropfen herabfielen, die zur er Matrosen aus süſsem Wasser bestanden, da s müsse dieses aufgesogenes Seewasser seyn[1].

in denen die Wasserhose ein Schiff trifft, müssen enn eine eigentliche Entladung des Schlauches über ich nicht angegeben gefunden, und man muſs hier- die groſse Furcht der Schiffer vor denselben nicht mehr vermuthlich bloſs auf der Vorstellung von den ie ein dem Anschein nach so furchtbares Ungeheuer n dem einzigen, von Chladni erzählten Falle §. 18 rkliche Beschädigung des Schiffes durch eine Was- aber auch dieser Schaden war nicht sehr bedeutend die aufwallende Bewegung des Wassers, welches Eine solche Wassermasse kann allerdings leicht eine ausüben, und muſs auch gesalzenes seyn, obgleich le dieses nicht ausdrücklich bemerkt wird. Auf- daſs die Seefahrer allgemein die Meinung hegen, e in den Schläuchen auf, dennoch aber sey das chiffe herabfallende süſs, weswegen Michaud an- er verdampfe und steige daher als destillirtes, mit- uche auf. Diese Meinung ist allerdings kühn und en Bestätigung; vorläufig muſs man wohl die rich- suchen, daſs das Wasser, welches später aus den ı Wolken, wohin sie sich zurückgezogen haben, , allezeit süſses ist und auch seyn muſs, denn

17) Die mitgetheilten Zeichnungen Maxwell's zwar die Wassersäulen im Allgemeinen, allein keines allen den Modificationen, die unter verschiedenen Be bei ihnen statt finden; Letzteres ist wohl am volls durch Buchanan[1] geschehn, und seine Mittheilung daher hier zur Vervollständigung der Thatsachen n finden. Dieser sah am 24sten Mai 1788, nachdem her eine Wasserhose verschwunden war, einen g
Fig. 180. Schlauch b aus den Wolken herabhängen, dessen Sp wärts gebogen war. Unmittelbar darauf stieg aus eine Wolke oder ein dichter Nebel c empor, auf w der Schlauch bald nachher herablieſs und sich mit nigte, wobei sie zugleich höher wurde und sich e zusammenzog. Die demnach vollständige Wasserhose
Fig. 181. in der Zeichnung ausgedrückte Gestalt. Die Wolk welcher der Schlauch herabhing, zog langsam fort, leicht verursachte dieses die Krümmung des unter welches zugleich nach unten stets dünner wurde, a scheinlich dichter war, als die Wolke, aus we Schlauch herabhing, ohne jedoch schwärzer zu seyn Wolken häufig sind. Der aus dem Meere aufsteige hatte dieselbe Farbe, als der Stengel, und glich auf aus einer Dampfmaschine aufsteigenden Rauche; die der Trombe war während der ganzen Zeit in heftig gung, voll weiſser Wellen, und zugleich hörte man wie von einem starken Wasserfalle. Von der B Stengels an, bis er den über dem Meere wallenden reichte, mochten etwa 2 Minuten vergangen seyn; d fing dann an, sich in die Wolke wieder zurückzuzi der er herabgekommen war, und in etwa 3 Minuten vorbei, indem sich die Wolken zerstreuten. Buchana die Entfernung auf mehr als 1 engl. Meile, statt d sie nur ¼ engl. Meile und die Zeitdauer zu 10 Mi nahmen; er gesteht aber zugleich, daſs diese Best nur als ungefähre gelten können, auch bemerkte er se Bewegung im Schlauche, statt daſs seine Begleiter

sobald sich die Wasserhose trennt, steigt der aus Wasserd bende Schlauch in die Höhe, das Meerwasser aber sinkt her

1 Edinburgh Philos. Journ. N. X. p. 275. G. LXX. 10

Digitized by Google

dersteigen des Wassers in demselben wahrgenommen
llten. Das Schiff befand sich an diesem Tage unter
üdl. Br. und 20° westl. L. v. G., das Wetter war
sen Tagen veränderlich, der Wind wechselte häufig
chtung und Stärke, auch blitzte und donnerte es mehr-
esondere am Abend vorher. Während der Dauer des
herrschte beim Schiffe ein gelinder Nordwestwind,
Zug der Wolken über der Waſserhose zeigte, daſs
ker Südwestwind herrschen muſste.
der oben angegebenen Beobachtung sah Buchanan
Schlauch entstehn und dann den Fuſs auf dem Meere
rden; das Umgekehrte fand statt am 8ten Jan. 1789
38 nördl. Br. und 135° 26′ östl. L. v. G., indem
eine dampf- oder wolkenartige Erhebung a auf der Fig.
des Meeres zeigte, wobei es in einiger Entfernung 182.
te. Während die genannte Erhöhung auf dem Meere,
Schiffe ohne Masten und Segel ähnlich sah, sich
merkte einer der Beobachter einen Stengel, wie ein
gestaltet, aus der Wolke hervortreten, allein dieser
wieder zurück, die Erhöhung aber erhielt sich noch
nachher, bis auch diese verschwand. Nach etwa
Stunde zeigte sich aber eine vollständige Wasser-
er in der Zeichnung ausgedrückten Gestalt an jener Fig.
Stelle. Es regnete, wie zuvor, bei b; der herab- 183.
Schlauch war überall scharf begrenzt, vom Winde
gen, lief unten in eine Spitze aus, und war in et-
Fuſs Höhe dicht unter der Wolke etwas dünner, weil
noch an zwei Seitenarmen d und d hing. Seine
glich der des Gewölkes; durch ein Fernrohr gesehn
hohl zu seyn, weil er in der Mitte heller aussah, als
ren. Die vom Meere aufsteigende Wolke e, von
er Dichtigkeit mit dem Schlauche, war scharf be-
Nach etwa 10 Minuten wurde der Stengel lichter und
Meteor verschwand; ein Geräusch wurde nicht wahr-
, vermuthlich weil die Entfernung, die nach
6 engl. Meilen betrug, zu groſs war. Der Regen
geraume Zeit fort, das Wetter war veränderlich,
den ganzen Tag kein Blitz und Donner wahrge-

lich sah Buchanan den Fuſs einer Wasserhose im

Digitized by Google

Fig. 184. südlichen atlantischen Meere am 12ten April 1789, s einem heſtigen Regen, daſs dieser ihn fast einhüllte. auf bildete sich ein Schlauch, verschwand aber wi bis 2 Minuten, und senkte sich dann abermals aus e Fig. 185. lich hohen Wolke herab. Er erreichte mit seiner S gefähr die Mitte zwischen der Wolke und dem M gebogen, und schien in der Mitte heller, als an Unter ihm war das Wasser in heſtiger Bewegung wie bei einem Wasserfalle; von dem Raume b aber dessen es bewegt wurde, stieg ein Schaum oder N jedoch zu einer geringeren Höhe, als Buchanan fr beobachtete. Ein Geräusch ward nicht vernommen, weil die Entfernung 3 engl. Meilen nach Schätz Nach 2 bis 3 Minuten verschwand der Stengel, vorher etwas lichter geworden war, entweder weil das Gewölk zurückzog oder weil er so dünn wurde ihn nicht weiter erkennen konnte; das Wasser unt aber noch wenigstens 10 Minuten im Aufwallen. ist hierbei, daſs ein so genauer Beobachter, als die Wettersäulen stets nur aus so groſsen Entfernu

18) Diesen Mangel ersetzt aber der Bericht Wolke[1] über die von ihm in gröſster Nähe geseh säule mitgetheilt hat. Er beobachtete diese am 5te auf einer Fahrt von Kronstadt nach Lübeck; sie aus dicken Wolken herabhängenden cylindrischen, etwas verjüngten Säule, und es schien, da sie nich etwa 100 Schritt entfernt war, daſs die sie bilden schraubenförmig aufstiegen, während ebensolche Weise wieder niedersanken. Der Fuſs der Säule einer groſsen kugelförmigen hohlen Schale zu ru dieser fortzugleiten. Um den Rand der Säule ko mit Heſtigkeit empor, eine Menge gröſserer und kl sermassen tanzten um sie, indem sie sich zugesp Höhe von 12 bis 16 Fuſs erhoben, während a herabsánken. Ueber den tanzenden Spitzen schwebte Wolke von Dünsten, erzeugt durch die heſtige Be Wassers und von der Art, daſs man sich des G ein mitwirkendes Feuer nicht erwehren konnte.

1 G. X. 482.

Digitized by Google

kam, hörte man ein Getöse; sie stieſs an das Vor-
ichiffes mit solcher Gewalt, daſs dieses einen all-
tigen Schrecken erzeugte, welcher aber schnell
da die Wetterſäule in rascher Bewegung von vorn
ber das Schiff rauschte und bloſs einige sehr dicke
fallen lieſs, zugleich aber einen merklichen Ge-
te, welchen der Berichterstatter schweflig und
: *Das* Schiff schien den Tanz der Spitz-
ıchen und den Umfang ihres Springplatzes ver-
ben, denn sie erhoben sich nach Schätzung
gleicher Höhe, als vorher. Den Durchmesser
n Umfanges schätzt Wolke auf 130 Fuſs, den
5 Fuſs. Als die Sonne gegen sie schien, zeigte
Mitte gelblich, an beiden Seiten dunkel. Merk-
ei, daſs unmittelbar nachher in gröſserer Ent-
nf andere ähnliche Säulen erblickt wurden.

ıcheint die Gewalt, welche die Wettersäulen
sehr seltenen Fällen äuſsern, nicht stets so
als in dem eben erwähnten Falle; denn
ılt nach glaubhaften Berichten, daſs einst auf
Wasserhose, die man wegen des Regens nicht
groſser Heftigkeit gegen das Hintertheil eines
Der Stoſs war so fürchterlich, daſs die in der
n Reisenden, auch zwei Matrosen, der ge-
ıeschwerte Tisch u. s. w. über den Haufen
der Cajüte wurde durch die Gewalt der Was-
gen, und es drang ein groſser Schwall von
:r einigen Contusionen der Menschen und der
geln, Tauwerk u. s. w. wurde kein Schaden
ı ihrer groſsen Gewalt zeugt ferner eine An-
u-Calleville[2], wonach im J. 1811 eine
von der Ostsee her auf Kopenhagen zu kam,
ler drei Kronen wegging, eine 30pfündige
weit verrückte und beim Zergehn eine Menge
. Das mehrmals berichtete Ausschütten ver-
ände, als Laub, Stroh, Heu, Früchte, Bre-
v., kann nur beim Zergehn solcher Tromben
ne bedeutende Strecke über dem Lande hin-

08.
Ostsee. Deutsche Ueb. Weimar 1815. S. 122.

gezogen sind und daselbst, zahlreichen Erfahrunge
solche Substanzen in die Höhe gehoben und fortgefüh
zugleich ist aber kaum zweifelhaft, daſs manche vo
und groſsen Flüssen kommende oder über Flüsse u
hinstreichende Tromben Fische, Frösche und sonstig
thiere aufheben, bis auf bedeutende Entfernungen
und dann fallen lassen[1]. Unter andern erzählt Wo
der Aussage eines glaubhaften Augenzeugen, daſs
solches Meteor die Fische aus einem Weiher auf d
benden Lande umherstreute.

Die sämmtlichen bisher beschriebenen Wasserho
mit einem Fuſse versehn, indem das Wasser des M
herabhängenden Ende des Schlauches entgegen geho
und aufbrauste, Colden[3] berichtet aber als Auge
Gegentheil, nämlich eine Vertiefung des Wassers.
Reise nach Westindien sah er eine Wasserhose in
nung von 30 bis 40 Ruthen vom Schiffe. Sie best
nem kegelförmigen Schlauche, dessen Basis in de
hing, während die Spitze etwa 8 Fuſs von der M
abstand. Bei dem ruhigen Wetter ging das Met
bei dem Schiffe vorbei; aus ihm kam ein heftiger
welcher ein Loch von etwa 6 Fuſs Durchmesser au
fläche machte und das Wasser wie eine kreisför
um diese Vertiefung hob. Derselbe Beobachter sah
rere Wasserhosen, deren keine aber das Wasser er

Es möge hier noch erwähnt werden, daſs Bre
Trombe sah, bei welcher aus der nämlichen W
Schläuche dicht neben einander herabhingen. Sie
nehmend lang und am unteren Theile auſserorden
vereinigten sich einmal, trennten sich dann aber bal

---

1 Vergl. Art. *Regen.* Bd. VII. S. 1224.

2 G. X. 486.

3 Aus Franklin's Werken Th. II. S. 81 in Kämtz
Th. II. S. 547.

4 Voyage au détroit de Beering. T. I. p. 148.

5 Eine ausnehmend schöne Zeichnung derselben fi
dem Atlas zu Becquerel Traité. Fig. 8. Hiernach glich
ben sehr der einfachen, welche Mercanton auf dem Ge
(§. 19) und von welcher am dort anzuzeigenden Orte gl
sehr saubere Zeichnung gegeben ist.

Digitized by Google

die Wetterſäulen auf dem Meere und auf dem
zu den ganz ſeltenen Phänomenen gehören, ſo
arten, daſs ſie ſich auch zuweilen auf Binnenſeen
ich aber iſt höchſt wahrſcheinlich, daſs nur die
ſelben zur öffentlichen Kunde gelangen, weil dieſe
ngen der Hauptſache nach ſehr allgemein bekannt
r dann eine ſpecielle Beſchreibung verdienen,
durch beſondere Umſtände auszeichnen, wobei
obendrein eines ſachverſtändigen Berichterſtatters
tens hört man daher erſt dann, wenn durch ein
ſcheinen die Erinnerung geweckt wird, daſs ſie
obachtet worden ſeyen. Uebrigens ſind ſie denen,
Meere zeigen, vollkommen gleich, doch ſchlieſse
r bekannt gewordenen Beſchreibungen, daſs der
nicht eine gleiche Höhe erreicht, was wohl
ne Folge der geringeren Waſſertieſe iſt, denn
(§. 13) nimmt auch bei den auf dem Meere
die Höhe des Fuſses ab, ſobald ſie über minder
kommen. Es wird daher genügen, nur einige
er namhaft zu machen.

Aug. 1827 zeigte ſich auf dem Genferſee eine
e, vollſtändig ausgebildete Waſſerhoſe, die
ch eigener Anſicht und den Berichten anderer
nau beſchrieben und durch eine getreue Zeich-
t hat, mit dem Zuſatze, daſs die Erſcheinung
ſeltene gelte. Der Himmel war mit gewitterarti-
Wolken bedeckt, die ſich ſchnell von Weſt
egten, während die Oberfläche des Sees von
inde nur leicht gekräuſelt wurde. Ein Theil
ihrer Mitte ſenkte ſich plötzlich vertical her-
eſtalt eines umgekehrten Kegels an, und zog
h-orangegelbe Farbe, die durch den Widerſchein
nſtrahlen erzeugt wurde, die allgemeine Auf-
ſo mehr auf ſich, je ſtärker ſie gegen das
ler Wolken abſtach. Der Kegel, welcher ſich
n ungefähr 2000 Fuſs über der Waſſerfläche
ildete, ſtürzte ſo ſchnell mit einer oſcillato-

iv. T. XXXVI. p. 142. Mit einer ſehr ſauberen

Digitized by Google

rischen Bewegung herab, daſs hierauf weniger als zw ten vergingen. Die auf solche Weise gebildete Ln war konisch, am untern Theile aber so wenig, daſs drisch und im Mittel von etwa 10 bis 12 Fuſs D zu seyn schien[1]. Im Angenblicke, als die Spitze d erreichte, entstand ein dem Kochen genau gleichend len, wobei die schäumenden Erhebungen eine gröſ als 50 Fuſs erreichten. Als die lange Säule durch getrieben wurde, glich sie einem durch den Luftzug Bande, wobei sie sich mit bedeutender Geschwi Rhone näherte und bis zu einiger Entfernung ü Flusse hinstrich. Als das Aufwallen des Fuſses eine aufgehört hatte und demnächst wieder anfing, schl CANTON, daſs sie sich über dem Bette der sogenan Rhone befinden müsse, wo sich das Aufbrausen de wieder zeigte, bis sie an den Wolken unbeweglich durch den Wind über dieses Bette hinausgetrieben w mittelbar darauf verminderten sich die Dimensionen und sie verschwand bald, indem bloſs die Basis in ken noch einige Zeit sichtbar blieb. Ein in ihrer findlicher Schiffer hörte das starke Geräusch, welche dem Rauschen der Räder eines Dampfschiffes glich, ses die stark bewegten Wellen durchschneidet.

20) Von nicht minderem Interesse ist die Be einer Wasserhose, welche sich auf eben diesem Se Dec. 1832 zeigte und von MAYOR, einem glaub genzeugen, genau beobachtet wurde[2]. Gegen 8 Uh sah er dieselbe in der Entfernung von einer Viertel seinem Fenster; sie hatte das Ansehn einer Wasse 60 bis 80 Fuſs Höhe und etlichen Fuſs Durchmesser, ter an ihrer Basis als an der Spitze, von grauer Farbe Anschein nach in kreiselnder Bewegung. Mit ihre Theile ruhte sie auf dem Wasser, am oberen war sie sie erhielt sich etwa zwei Minuten, ohne merklich Stelle zu rücken; darauf senkte sie sich allmälig h

1 Unter allen mir zu Gesicht gekommenen Zeichnung keinen Schlauch von solcher Länge und verhältniſsmäſs Dicke.

2 WARTMANN in Biblioth. univ. T. LI. p. 322.

ich in einen Regen auf. WARTMANN bemerkt hierbei, ch den Angaben in den Denkſchriften der Pariſer Aka- ſchon 1741 und 1764 ſolche Meteore auf dem See ge- rden.

Beſchreibung nach bin ich geneigt, die hier erwähnte e eigentliche Wetterſäule zu halten, bei der die An- t einer Wolke, ein eigentlicher Schlauch und der auf- e Fuſs, alle drei mehr oder weniger vollkommen aus- wesentliche Bedingungen ſeyn dürften. Dagegen war in Falle bloſs eine Säule vorhanden, ohne den Fuſs und olke, vielmehr war der Himmel gleichmäſsig durch Dünste umſchleiert und keine eigentliche Wolke zeigte anzen Horizonte. In der Regel zieht ſich der Schlauch ben in die Höhe und der noch meiſtens einige Zeit aufwallende Fuſs kommt allmälig zur Ruhe, ſtatt daſs genden Falle die Säule von verhältniſsmäſsig nicht be- er Höhe ſich allmälig ins Waſſer herabſenkte. Nach ſicht war dieſes Phänomen nichts anderes, als eine hr zuſammengedrängte Regenwolke, die ſich herab- ihren Inhalt in den See ausſchüttete, nach Art der- die im Frühlinge zuweilen einzelne Striche benetzen, Umſtand mitwirkte, daſs die Luft nur wenig bewegt egen die Wolke ruhig ſtehend ſich ihres Inhalts Auf gleiche Weiſe iſt auch das von HOWARD[1] Juni 1817 geſehene Meteor für keine eigentliche , ſondern vielmehr für eine nahe begrenzte, ihren ell ausſchüttende Regenwolke zu halten, wie ſolche n werden, die auf gewiſſe Weiſe einen Uebergang nlichen Regenſchauern zu den Tromben bilden, ohne n in weſentlichen Stücken gleich zu ſeyn. Es hatte Verbindung mit Blitz und Donner geregnet, aber im e der Erſcheinung war heiterer Himmel zwiſchen olken. Aus einer von dieſen ſenkten ſich einige chartige Kegel herab und zogen ſich wieder zu- der letzte derſelben, welcher tiefer herabgekommen öffnete und aus ihm eine dichte Säule bis faſt zur nk, die als dichterer Körper noch ziemlich weit der Wolke ſichtbar war. Auch dieſer Kegel zog

1 of Philos. 1817. Aug. — G. LVII. 219.

Ooooo

sich wieder in die Höhe, nachdem er sein Anhängsel
hatte, und es folgten ihm noch einige andere. Aus
gesehn, wie dieses bei den Berichterstattern der
konnte man das Meteor allerdings für eine Wettersä
und einige Aehnlichkeit damit war auch unverkennb
den; wir müssen sie aber dennoch von dieser C
schlieſsen, weil ein Beobachter sie über einem Baum
sah, unter welchem er stand, ohne von den wesentl
kungen der Tromben irgend etwas anderes, als di
gar nicht nothwendige, nämlich das Herabfallen ei
Regens, wahrzunehmen.

21) Ganz eigentlich zur Classe der Wasserhose
dagegen diejenigen, welche ein mit den physikal
setzen hinlänglich vertrauter glaubhafter Beobachte
MANN in Constanz, am 26sten Juni 1833 auf de
Fig. 186. sah und durch eine getreue Zeichnung versinnlic
Phänomen ist um so auffallender, da sich gleich
eine groſse und eine kleine, dicht neben einander z
war Abends 6 Uhr 45 Min., als er das Meteor i
Constanz aus erblickte. Während der Erscheinung
Barometer[1] auf 322 Lin., das Thermometer auf 2
Luft zeigte sich bedeutend elektrisch, Gewitterw
den ganzen Nachmittag über den See, und selbst w
Erscheinung blitzte und donnerte es unter stark
schauern an der entgegengesetzten Seite[2]. Beide W
entstanden gleichzeitig, doch verschwand die klein
wieder nach 3 Minuten, die gröſsere a verschwan
nahe ganz nach 5 Minuten, bildete sich dann aber s
der, dauerte noch etwa zwei Minuten und verlor si
starken Regenguſs, der die ganze Gegend einnahm.
wohner der Stadt behaupteten, es seyen schon fr
Meteore auf dem Bodensee wahrgenommen worden, e
aber keine Nachricht von einer bestimmt gemachten B

1 Die Höhe von Constanz wird zu 1180 Par. F. ü
resfläche angegeben.

2 In meinem Tagebuche finde ich aus öffentlichen B
daſs am 28sten dieses Monats eine starke Landtrombe
bei Neiſse Linden von 2 Klaftern im Umfange zerbrach,
Dächer und Häuser beschädigte und 17 Besitzungen verw
hier in Heidelberg sah ich Abends am 25sten starkes Wett

Digitized by Google

irgend einem Augenzeugen, welcher sie selbst gesehn
versichern konnte.

ier angegebene Eigenthümlichkeit, wonach die Schläu-
beiden Wettersäulen nach oben verjüngt zuliefen,
auſserdem noch einmal bei einer erwähnt, welche
n 1sten Nov. 1793 auf dem Genfersee beobachtete.
sich mitten auf dem See, rechts und links von der-
neite es, hinter ihr waren die Berge in dichte
Wolken gehüllt, die sich über den See herzogen
enen die dicke, schwarzgraue Säule sich herabsenkte,
und allseitig so scharf begrenzt da stand, daſs man
ür eine feste Masse halten können. Der Fuſs war
durchscheinend, kaum sichtbar, und hatte ganz das
ines aufsteigenden, fast aufgelösten Dunstes; das
Wasser des Sees spritzte bis auf eine Höhe, die
100 Fuſs, aber, wie er meint, noch zu gering,
uch war dieses der schönste Theil des Meteors. Die
vom Beobachter betrug 18000 Fuſs und diesem-
Durchmesser der aufspritzenden Wassermasse 315
ganze Höhe der Säule aber 2000 F., alles nach mög-
therter Schätzung. Zur genaueren Beobachtung diente
Dollond, weil die Zeit nicht gestattete, ein gröſse-
r aufzustellen, denn das Meteor verschwand drei
ch der ersten Wahrnehmung desselben, und zwar
, daſs binnen einer halben Minute die letzten Spuren
verwischt waren. Während dieser Auflösung der
en sich einige Dünste, aber so schnell vorüberge-
s Wild nur die über der Wasserfläche wahrnahm.
eter stand 5 Lin. unter seinem Mittel und das Ther-
igte 7° C. Pictet bemerkt hierbei, Wettersäulen
dem Genfersee selten; auch ist er nicht geneigt, der
einen Einfluſs auf ihre Bildung einzuräumen, mehr
ümlichen Winden, die den See treffen.

uch über groſsen Flüssen entstehn Wettersäulen.
, die aber nicht dem Flusse allein zugehörte, son-
f dem Lande Verwüstungen anrichtete, wurde am
785 in der Gegend von Altona gesehn[2]. Dem

. 70 aus Journ. de Phys. T. I. p. 39.
sches Magazin. Bd. III. St. 3. S. 178.

Berichte nach lieſs ſich gegen 6 Uhr Abends unweit B dorf eine Wolke, wie ein zugeſpitzter Schlauch, auf d nieder, ſchwankte einige Male hin und her, verein dann mit dem Waſſer und zog es in die Höhe. In Entfernung ſenkte ſich eine andere Wolke gleichfalls herab, ſchwankte über zehnmal hin und her und erze letzt eine Vertieſung im Waſſer, daſs man faſt bis Grund des Fluſses ſehn konnte. Nach etlichen Minut ſich dieſe Tromben wieder vom Waſſer los, lieſsen gehobene in den Fluſs zurückfallen, zogen ſich wi die Stadt, richteten an Fenſtern und Dächern, über Zug ging, beträchtlichen Schaden an, warfen einige und verloren ſich endlich aus dem Geſichte. Auf ei entfernten Bleiche ergriff der Wirbelwind die daſelbſt Cattune, führte ſie, ungefähr 50 Stücke, zuſamme die Luft und zerriſs mehrere derſelben.

Bloſs auf das Waſſer beſchränkt war dagegen be, die nach Dunbar's Berichte[1] auf dem Miſſiſſi wurde. Die aus der Wolke herabhängende Säule ziemlich groſsen Winkel mit der lothrechten Lini untere Ende derſelben blieb während der ganzen D ſcheinung an demſelben Orte unbeweglich ſtehn. E nicht Folge der langſamen Bewegung des Schla hier angegeben wird, ſondern ſtimmt mit dem Verhalten dieſer Meteore überein, daſs der Schla zwei Theile theilte, wovon der kürzere in den F fiel, der längere ſich in die Wolken zog und ſtreute.

Noch eine Erzählung möge hier Platz find vorzüglicher Wichtigkeit iſt, weil ſie von ein währten Phyſiker herrührt. Brandes[2] beſchreibt am 5ten Juli 1810 am Ausfluſse der Weſer beob ſerhoſe. Sie ging ziemlich quer über den Strom, wenige Augenblicke in ihrer Vollkommenheit ſic eine niedrige Wolke oder ein Dunſt bald nachher derſelben verbarg. Nach den Schätzungen, die geübte Beobachter aus Beſcheidenheit nur für gena

1 Philos. Trans. of the Amer. Soc. of Philad. T. V

2 G. XXXVI. 404.

Digitized by Google

Entfernung etwa eine kleine halbe Meile; aus dem
g ein starker Dunst auf, in welchen sich der
hr tief, wahrscheinlich bis auf den Waſserspiegel,
Die Wolke war 1000 Fuſs hoch und wohl noch
rüber, der obere Durchmeſser des herabhängenden
Fuſs, etwas unter der Mitte 25 Fuſs, weiter her-
untere Theil eher einem Waſserstrahle, als einem
Luft war gewitterhaft, doch zur Zeit des Phäno-
Gewitter in der Nähe, und der Wind gerade in
blicke gelinder, als vorher und nachher.

bisher mitgetheilten Thatsachen lieſsen sich noch
mehren, doch sind sie gewiſs genügend, um nicht
entlichsten Erscheinungen zu überblicken, sondern
erzeugung hervorzurufen, daſs es ausnehmend
würde, wie Kämtz sehr richtig bemerkt, alle
tersäulen vorkommende Einzelheiten sachgemäſs
g zu erklären. Inzwischen hat Becquerel[1] eine
verfaſste Zusammenstellung aufgenommen, welche
t, die Uebersicht alles deſsen, was sich auf diese
t, zu erleichtern und die Aufgabe in ihrem gan-
deutlicher vor Augen zu stellen. Es wird
eyn, aus dieser den wesentlichsten Inhalt hier

t eine m groſsem Fleiſse zusammengesuchte
5 bekannt gewordenen Tromben, von denen 60
56 dem Meere zugehören. Unter den letzteren
iejenige, welche Thevenot[2] im Jahre 1664
esomo sah, wobei zugleich mehrere gleichzeitig
einander sichtbar wurden; unter den ersteren
ls die älteste aufgeführt, welche nach der Er-
achiavel[3] und Ammirati[4] am 22sten oder
156 im Florentinischen beobachtet wurde. Kann
elle auf absolute Vollständigkeit keine Anspru-
vorauf es ohnehin nicht ankommt, so ist sie

rimental de l'Électricité cet. T. V. p. 184 ff. Par

s la Levante. T. II. p. 359.
rent. Lib. VI.
rent. Lib. XXIII.
n einige angegeben worden, die man in diesem Ver-

doch reichhaltig genug, um die Ueberzeugung herbeizu daſs keine wesentlichen Modificationen dieser Phänomen sehn worden sind. Eine Zusammenstellung des Gemeinsam dann zu folgenden Resultaten. Unter 116 Tromben ze auf der See und 18 auf dem Lande, im Ganzen 29, ei selnde Bewegung, bei 22 dagegen, und zwar 9 auf de und 13 auf dem Lande, zeigte sich gar keine innere Be Von leuchtenden Erscheinungen, Blitz und Donner, w und zwar 16 zur See, 25 zu Lande, begleitet; 10 fü aufgehobenen Gegenstände der Windrichtung entgegen digten mit Hagel, und zwar 7 zur See, 9 zu Lande; schwanden in einer Atmosphäre ohne Wolken, ohn einen Schaden anzurichten. Unter den Wasserhosen s 3 süſses Wasser auf die Schiffe, obgleich das Seew ihnen aufzusteigen schien; bei 15 Wasserhosen sah Wasser aufsteigen, bei 8 niedersinken; 2 Wettersäulen den eine obere Wolke mit einer untern; bei 8 w schwefliger Geruch wahrgenommen; in 6 Fällen ze mehrere Wettersäulen gleichzeitig; 34 endlich boten Erscheinungen dar, z. B. die von Buchanan gesehen Fig. 183), welche oben an 3 Schläuchen aus der W und die zu Carcassonne (§. 3), welche die Platten ein bodens aufriſs, ohne die umstehenden Gegenstände verletzen. Das Geräusch endlich, welches die Wetters regen, ist nach ihrer Natur verschieden, im Allgeme ker bei denen zu Lande, als bei denen auf der See.

24) In Beziehung auf die Theorie zählt Peltier toritäten auf, unter denen 19 die Ursache in der L gung, 8 in der Elektricität, 2 in unterirdischen Aufbr suchen, einer endlich die Erscheinungen bloſs für ein gen Platzregen hält. Auf die letzte Hypothese einzu von Eeles[1] herrührt, verlohnt sich gewiſs der Mühe

zeichnisse nicht findet, auch können diejenigen, welche als beobachteten angegeben werden, schwerlich als solche gelten mentlich die typhonartigen Sturmwinde schon im Alterthume waren.

1 Philos. Trans. 1755. T. XLIX. p. 147. Es ist auff lesen, daſs er selbst nie eine gesehn und von Schiffern, die w in allen Meeren gemacht hatten, gehört haben will, es sey eine zu Gesicht gekommen.

Digitized by Google

die Mehrzahl der Wetterſäulen mit gar keinen wäſſerigen ...ſchlägen verbunden ſind; die Meinung aber, die von ...ry[1] und BUFFON[2] herrührt, wonach die Urſache der ...ſäulen in unterirdiſchen Aufbrauſungen liegen ſoll, läſst ...hon leichter durch ſcheinbare Gründe unterſtützen, auch ... einige Male bemerkt worden, daſs die Beobachter der Waſ...ſo leicht auf die Idee kommen, das Aufwallen der See ... Folge unterirdiſchen Feuers. Allerdings ſcheint ein ...legliches Argument hiergegen darin zu liegen, daſs faſt ...mben mit der Bildung eines Schlauches beginnen, wel...elmehr von den Wolken zur Erde herabſinkt; allein ...Einwurf läſst ſich mindeſtens entkräften, wenn man die ...ne ſo deutet, als ſtiegen ſehr heiſse Dämpfe aus der ...d, die ſich bis zu den Wolken erhöben, wo dann ...kühlung ein Niederſchlag entſtände, welcher in den ... beginnend ſich nur ſcheinbar zur Erde herabſenkte. ... dieſe Darſtellung einigen Schein für ſich hat, ſo iſt ... Geſammtheit der Erſcheinungen, welche die Wetter...darbieten, von der Art, daſs man ſie unmöglich mit ...Hypotheſe in Einklang bringen kann. Ohne uns daher ...länger aufzuhalten, wollen wir nur die beiden vorzüg... Theorieen und ihre wichtigſten Vertreter berückſichti...was dann zu dem Reſultate führen wird, daſs unter ge...Modificationen beide vereint wohl zur Erklärung der ...ſten Phänomene mindeſtens beitragen können.

...Nach der älteſten *mechaniſchen Hypotheſe* werden die ...ſäulen durch Winde erzeugt, allein die eigenthümliche ...ie dieſes geſchehn ſoll, wird verſchieden angegeben. ...[3] und ANDOQUE[4] haben dieſe, zu ihrer Zeit ohne ...allgemein herrſchende Anſicht veröffentlicht. Hiernach ...parallele Winde eine Wolke zwiſchen ſich zuſammen... und in eine rotatoriſche Bewegung verſetzen; allein ...mben gehn in der Regel Windſtillen voraus, und in ...Fällen herrſcht in geringer Entfernung von ihnen voll...ne Windſtille, nicht zu gedenken, daſs die zu Blanke-

---

1 ...Cours de Chimie.
2 ...Hist. Natur. 1re Part.
3 ...Philos. Trans. T. XXIII. p. 1077.
4 ...Hist. de l'Acad. des Sciences. An 1727. p. 5.

Wolken zu erklären. Wenn Oersted, wie wir spä
werden, die Luftwirbel eine aufwärts gerichtete Beweg
nehmen läſst, so hält auch Prudhomme[1] zwar die ve
chen Winde, die durch ihr Zusammenstoſsen Luftwir
gen, für die erste Ursache, allein in Folge der de
der Wettersäule mitgetheilten Rotation soll sich die L
die Erde drängen und dann erst mit Gewalt wieder zurück
werden, woraus sich das Abdecken der Häuser und
reiſsen der Bäume erklären lasse. Eine solche kr
Bewegung muſs, nach seiner Ansicht, in der Gegend
nothwendig eine Leere oder eine starke Verdünnung d
rie verursachen, weil die Schwungbewegung alle Th
dem Umkreise treibt und daher durch eine Art vo
gung alle leichte und bewegliche Körper in die Hö
Die Elektricität ist zwar allezeit Begleiterin der We
allein sie ist vielmehr als ein Erzeugniſs derselben u
als Ursache zu betrachten, und bewirkt, daſs aus ih
allen Seiten kleine Wolken ausgehn und Blitze
schleudern.

26) Uebergehn wir diejenigen Gelehrten, welche
in der Kürze beifällig über diese Hypothese äuſsern,
ausführlicher von Defrance[2] und Lamark[3] behand
so verdient auf jeden Fall noch der Graf Xavier de M
genannt zu werden, welcher dieselbe durch eigens
Experimente zu begründen sich bemüht hat. Zuerst
Fig. 187. ein cylindrisches Glas von 10 Zoll Höhe und 4 Zol
messer, goſs 2 Zoll hoch Wasser hinein, darüber Mo
senkte dann in dessen Oberfläche eine Mühle aus z
chen von 2 Zoll Höhe und 1,5 Zoll Breite hinab,
durch eine Kurbel umdrehn lieſs. Sobald diese Mü
fähr zweimal in einer Secunde umgedreht wurde u
etwa eine Minute gedauert hatte, drehte sich das W
Boden, erhob sich in Kegelform, und stieg in ein

1 Esprit de Journaux. 1789. Fevr. Gotha'sches Mag
St. 4. S. 90.

2 Dict. des Sciences nat. Art. *Trombe.*

3 Annuaire météorol. 1807.

4 Bibliothèque univ. de Génève. T. III. p. 226. Sillim
Journ. of Sc. T. XXV. p. 47.

Digitized by Google

bis an die Mühle empor. Diese kleine Trombe hatte 2 Linien im Durchmesser, das bis in die Flügel der aufgesogene Wasser aber wurde seitwärts getrieben sank am Rande in spiralförmigen Bahnen hinab, doch so ..., daſs alles Wasser auf diese Art aufgesogen wurde. ... Wasser vermengte Oel verliert indeſs bald seine Durch-...heit, und DE MAISTRE wählte daher ein anderes Verfah-... Er füllte ein Cylinderglas von 2 Fuſs Höhe und 9 Zoll ...messer mit Wasser und warf eine Unze grob pulveri-... Copal hinein, welche Substanz, nur wenig specifisch ... als Wasser, alle Bewegungen leicht sichtbar macht. ...sten Stücke lagen unten, die feinsten schwebten im ... Durch das Drehen des Rädchens stiegen die in der ...ndlichen aufwärts, die seitwärts befindlichen näherten ... Spirallinien der Mitte, und so ging es in den einzelnen ... abwärts, bis sich die Bewegung den niedergefallenen ... mittheilte, die dann eine Trombengestalt bildeten, de-... jedoch 6 bis 7 Linien betrug und die bis zur Mühle ... Um die Bewegung der einzelnen Theilchen zu be-..., dienten einige Stückchen Schellack, die durch ihre ...be leicht kenntlich waren. Man sah sie im Centrum ..., indem sie sich schnell umdrehten und eine sehr ... Schraubenlinie durchliefen; die Mühle warf sie zur ... sie sanken langsam zu Boden, von wo aus sie ihre ... Bewegung wieder begonnen. Die kleine Säule in ... hatte eine schnellere rotirende Bewegung, als die Mühle ... und einige gröſsere Copalstücke, so wie einige Flie-... in einander nahen Schraubengängen langsam in die ... Waren alle Stücke vom Boden aufgestiegen und hörte ... Bewegung der Mühle auf, so legte sich der gesammte ... der Mitte in Gestalt eines Kegels nieder.

... MAISTRE kehrte das Verfahren um und brachte die Mühle über dem Boden des Glases an, wie aus der ... hinlänglich deutlich wird. War die kleine Mühle Fig. ... Zeit lang um ihre Axe gedreht, so erhielt die Ober- 188. ... Wassers eine konische Vertiefung, welche sich zu-... verlängerte und mit ihrer Spitze endlich die Mühle ...; kleine Luftblasen trennten sich von dieser Spitze, ... völlig herabgesunken war, bis die spindelförmig ge-... Luft die ganze Länge des Gefäſses eingenommen hatte

und dabei ein fortdauerndes zischendes Geräusch erzeug Luft an der Spitze trennte sich zwischen den Flüg Mühle in einzelne Blasen, die dann zur Seite geworf den und regelmäſsig an den Wandungen des Glases gen. Kleine und leichte Körper, als Korkstückchen u wurden in den Strudel hinabgezogen; man konnte sie a durch gehörige Regulirung des Umdrehens in ihren ve nen Lagen ruhig erhalten. Daſs ähnliche Strudel au und Flüssen, welche Schiffe und Schwimmer in die Ti abziehn, durch gleiche Ursachen erzeugt werden, ist bekannte Sache. Befand sich auf der Oberfläche des eine Schicht Oel, so bildete sich daraus eine ähnlich hängende Spindel, und zwar schon durch eine viel la Drehung; ist aber die Oelschicht nicht dick und wird schwindigkeit der Drehung verstärkt, so bildet sich dann hohl werdenden Spindel von Oel eine andere deren Spitze jedoch niemals die Mühle erreicht, was DE von der geringeren Adhäsion der Luft an das Oel, a Wasser ableitet.

Beide eben beschriebene Modificationen des Versuc den in einem dritten vereinigt, wobei die kleine Mühl
Fig. 189 Mitte angebracht oder vielmehr durch ein kleines P gramm von gefirniſstem Kartenpapier ersetzt war. Auf den des mit Wasser gefüllten Glases wurde eine Lage ſsenen blauen Glases geworfen, auf seine Oberfläche Schicht Oel gegossen. Nachdem der Stab, an welc Parallelogramm in der Mitte fest saſs, einige Male u war, zeigten sich zwei spindelförmige Schläuche, eine gehend, der andere aufsteigend, und beide wurden du gesetztes Drehen vollständig ausgebildet.

Es bedarf keiner künstlichen Vorrichtung, um der Wasser eine solche spindelförmige, den Schläuchen d serhosen frappant gleichende Gestalt zu geben, sonder genügt ein gemeiner, etwas langer Trichter. Senkt ma mit seiner Spitze abwärts so tief ins Wasser, daſs se etwa eine halbe Linie unter die Oberfläche desselben reicht, giebt man hierauf durch Herumfahren oben an Rande des Trichters mit einem Glasstabe dem Wasser tirende Bewegung und hebt man darauf den Trichter Höhe, so bildet sich augenblicklich die spindelförmig

Digitized by Google

ter günstigen Umständen eine Länge von 2 bis 5 Zoll
. De Maistre folgert inzwischen aus seinen Versu-
daſs eine herabsteigende Trombe entstehn kann, wenn
bel sich unten befindet, und eine aufſteigende, wenn er
rhanden ist, oder beide zugleich, wenn er zwischen
d unten die Mitte hält, und daſs die Resultate dieser
mit dem, was uns die Natur im Groſsen zeigt, die
ste Aehnlichkeit haben. Bei den aufſteigenden Trom-
der Wirbel seinen Sitz in den Wolken, und seine
g, begünstigt durch die unten herrschende Ruhe, sinkt
bis zum Meere herab; bei den herabsteigenden befindet
zwischen den Wolken und dem Meere, nahe über

iefern noch verschiedene Einzelheiten angeführt wer-
die auffallende Aehnlichkeit zwischen den auf die
ene Weise künstlich erzeugten Tromben und denen
eisen, welche durch die Natur im Groſsen hervorge-
werden, bedarf wohl keiner näheren Anzeige, denn bei
nbar vorhandener Aehnlichkeit im Allgemeinen lassen
he Einzelheiten leicht auffinden. Inzwischen glaubt
stre durch diese Versuche bewiesen zu haben, daſs die
der Wetterſäulen rein mechanisch sey und daſs die
ewegung der Luft in den Wirbelwinden zu ihrer Her-
g genüge. Dabei dürfe aber nicht gefolgert werden,
Elektricität nicht gleichfalls eine entfernte Ursache sey,
Agens möglicher Weise zur Erzeugung der Wirbel
Winde überhaupt viel beitragen könne. Genau ge-
hat aber de Maistre den wichtigsten Einwurf nicht
oder mindestens ihn auf keine Weise erledigt. War
Absicht, die unter vielfachen Modificationen sich zei-
Wetterſäulen künstlich nachzubilden, so genügte es
Wasser oder Oel in drehende Bewegung zu versetzen
durch die schlauchartigen Formen der Luft als einer viel
Flüssigkeit oder anderer wenig specifisch schwererer
hervorzubringen, die eigentlich bloſs durch die Dre-
des Wassers in die Höhe gehoben oder herabgezogen
, sondern er muſste die Luft selbst wählen und dann
en, ob er durch diese das Wasser auf eine ähnliche
anzuheben vermöge, als dieses in der Natur bei den
osen geschieht. Wäre ihm dieses gelungen, so könnte

dann erst von einer eigentlichen, vollständigen Nachbild Tromben die Rede seyn; allein dieses liegt sicher auſs Bereiche der Möglichkeit, und somit ist durch die er Versuche im Ganzen nicht viel gewonnen. Wir werde auf diesen Gegenstand wieder zurückkommen.

27) Nur als eine kurze Andeutung kann dasjenige was Ogden[1] nach eigener Beobachtung einiger Was (§. 16) zur Erklärung derselben vorbringt. Hiernach heiſser, mit Waſserdampf überladener Luftſtrom an worin sich die enthaltenen Dämpfe allmälig verdichten, sie sich in die kälteren Regionen erheben. Diesemna der Niederschlag zuerst in den höheren Regionen gebild den, und die elektrischen Erscheinungen, die man wie bei den Ausbrüchen der Vulkane, wahrnimmt, si als Folge dieser Condensation zu betrachten. Auch M gestützt auf eigene Beobachtungen (§. 16), stellt zw vollständige Theorie der Wetterſäulen auf, inzwiſchen seinen Aeuſserungen genügend hervor, daſs er sich au lich zur mechanischen Hypothese bekennt. Wenn meh gegengesetzte Winde nach einem Puncte mit ungleich ten blasen, so müsse eine um einen centralen Raum Bewegung entstehn, was man gewöhnlich einen Wi nennt. Dieser Raum müsse in Folge des ungleichen durch die entstehende Wärme so sehr verdünnt werd er einem luftleeren nahe komme; der Druck der äuſs mosphäre auf die Basis treibe dann das Wasser in die me zu einer bedeutenden Höhe, und demnächst führe chanische Wirkung des Windes dasselbe in dünnen, menhängenden Streiſen empor, während der äuſsere den inneren Raum stets wieder fülle. Auf diese Wei der Schlauch gebildet, das zur Wolkenregion erhoben breite sich dort aus und nehme an Umfang und Dicht bis die schwerere Wolke wieder herabsinke und sich gen auflöse. Hiergegen findet aber der unmittelbar Einwurf statt, daſs dann das Wasser aus den Tro dem Meere gesalzenes seyn müſste.

---

1 Amer. Journ. of Science. Jan. 1836. Bibl. univ. d T. III. p. 159.

2 Edinb. Philos. Journ. N. XI. p. 95. G. LXXIII. 104

Digitized by Google

§) Es läſst ſich erwarten, daſs Kämtz[1] bei ſeiner gründ-
Unterſuchung aller meteorologiſchen Phänomene auch
Problem einer genauen Prüfung unterworfen habe, deren
licher Inhalt hier nicht fehlen darf. Nach den Erſchei-
des Aufſteigens der Luft in Canälen hält er es für
, die Entſtehung der Wirbelwinde hierauf zurückzu-
Wenn das Waſſer ſchnell verdunſtet, während die
Luft in die Höhe ſteigt, ſo kann in Folge des aufge-
Gleichgewichts ein kalter Luftſtrom in die Tiefe her-
. Weht oben ein Wind nach beliebiger Richtung, ſo
ſich die herabſinkende Luftmaſſe nach eben derſelben,
Zuſammentreffen dieſer mit der ruhenden Atmoſphäre
Tiefe kann ſchon eine wirbelnde Bewegung erzeugen,
ſich der herabſinkende kalte Luftſtrom nach allen Seiten
Hierbei bezieht ſich Kämtz auf die Erzählung, wel-
anklin aus dem Munde eines Wallfiſchfängers erhielt
auch lieſsen ſich wohl noch ſonſtige Beobachtungen,
Colden (§. 18), hierfür geltend machen, wie denn
Widerlegung das Argument nicht genügt, daſs in der
verheerendſten Wetterſäulen ſo oft völlige Wind-
ſtille, denn in dieſen Fällen iſt meiſtens ein ſchnelles
der ſchon gebildenden wirbelnden Säule vorhan-
wir werden ſpäter dennoch einige Schwierigkeiten
müſſen, die ſich allerdings nicht ſo leicht beſeitigen
Inzwiſchen findet auch Kämtz es bloſs wahrſchein-
die meiſten Waſſerhoſen dadurch entſtehn, daſs Luft-
den oberen Regionen der Atmoſphäre auf einander
wodurch dort ſchon die Urſache der wirbelnden Be-
gegeben wird. Sind dieſe Luftſtröme heftig, iſt ihre
und ihr Dampfgehalt ſehr verſchieden, ſo wird der
mit Schnelligkeit condenſirt, und während bei den ge-
Wirbeln leichte Körper in die Höhe ſteigen, wer-
die Dampfbläschen herabwärts geführt, wobei die
der Wolke aus gegen die Erde an Dicke abnimmt.
bleibt die Frage unentſchieden, ob die Nebelbläschen
herabſinken, oder nicht vielmehr die Condenſation auch
Tiefe fortdauert und ſomit das Herabſinken nur ein
ist. Erreicht der Wirbelwind endlich die Oberfläche

[1] Meteorologie. Th. II. S. 544 bis 557.

des Meeres, so erhebt sich dieses, zu Tropfen gepeitscht, erhält das Ansehn eines rauchenden Ofens. Indem s diese Weise die Wolke herabsenkt, das Wasser aber vereinigen sich beide und es findet eine Verbindung zw Meer und Wolke statt.

Inzwischen hält Kämtz es keineswegs für erforderlich der Wirbelwind in der Region der Wolke entstehn müsse mehr würde es voreilig seyn, bei den vielen möglichen binationen hierüber allgemeine Gesetze aufzustellen; je n Richtung der Luftströme kann der Wirbelwind auch Tiefe beginnen, in welchem Falle die Wasserhosen Höhe steigen. Als Beweise hierfür werden die Fälle a in denen der Fuſs der Tromben zuerst oder allein wird. Die Beantwortung der Frage, ob die Wasserh massivem Wasser oder nur aus Tropfen und Nebel bestehn, kann wohl am wenigsten zweifelhaft seyn, wird nicht leicht jemand Anstand nehmen, der hier g Ansicht beizutreten, wonach sie aus Wasserdunst, mit tropfen gemengt, zusammengesetzt sind. Aus bloſsem können sie schon deswegen nicht bestehn, weil sie sc zend und durchsichtig seyn müſsten. Eine drehende B der Wasserhosen wird fast von allen Beobachtern Zum Beweise der groſsen Kraft des Windes und der ligkeit, womit sich die Luftmassen bewegen, führt Kä gende Beispiele an[1]. Der Capitain Records führte 1674 ein Schiff von 300 Tonnen und 16 Kanonen dung nach der Küste von Guinea und gewahrte un 8° nördl. Br. mehrere Wasserhosen, deren eine gerad Schiff zukam. Wegen Windstille konnte er ihr nicht und bereitete sich daher durch Einziehn der Segel z Empfange. Sie kam schnell herbei und platzte, ehe Schiffe anlangte, machte dabei ein starkes Geräusch u das Wasser rings umher in die Höhe, als wenn ei Haus oder etwas der Art hineingefallen wäre. Die W Windes dauerte fort und ergriff das Schiff am Steue solcher Heftigkeit, daſs er den Bogsprietmast und de mast zerbrach, das ganze Schiff der Länge nach überf auf die Seite warf und beinahe umgeworfen hätte;

1 Franklin's Werke. Th. II. S. 91 u. 52.

Digitized by Google

h bald wieder aufgerichtet, weil der Wind es in Wirbeln
er nämlichen Wuth auf der entgegengesetzten Seite er-
nd auf die andere Seite warf. Einen anderen Fall dieser
zählt Dr. Mercer. Dieser sah in dem Hafen St. Jean
tigua zwei oder drei Wasserhosen; auf der Oberfläche
eres zeigte sich ein Kreis von etwa 20 Faden im Durch-
e, in welchem das Wasser heftig bewegt und schnell in
dt getrieben wurde. Als sie auf das Land kam, nahm
ten, Stangen, groſse Stücke Zimmerholz, ein kleines,
es Häuschen u. s. w. mit sich fort, führte letzteres 40
n seiner Stelle weg, und stellte es wieder auf, ohne es
chen oder umzuwerfen. Merkwürdig war dabei, daſs
n von Ost nach West getragen wurde, obgleich die
die entgegengesetzte Richtung hatte. Zwei oder drei
d eine weiſse Frau wurden durch einen in die Höhe
n und wieder herabfallenden Balken getödtet.

Sandwirbel (§. 1) zeigen sich nach Kämtz an wind-
Tagen, wo die Sonne mit groſser Kraft den Boden er-
ufsteigende heiſse Luftſtröme stören dann das Gleich-
der Atmosphäre, kalte stürzen später herab und geben
heit zur Entstehung dieser Wirbelwinde, weswegen die
en in den Gegenden, wo der Samum herrscht, an
Tagen sich am häufigsten zeigen, wo dieser Wind
Wenn aber auch in allen Fällen dieser Art die Bewe-
m Boden anzufangen scheint, so ist dieses kein Be-
daſs sie vom Boden anfangen müsse; denn wo keine
condensirt werden, fehlt es so lange an dem Mittel,
wegung zu erkennen, bis der in die Höhe gehobene
se anzeigt.

elektrische Hypothese, sofern nach derselben eine An-
zwischen der Wolke und namentlich dem Wasser statt
ll, verwirft Kämtz gänzlich, und hält die bei diesen
n sich zeigenden elektrischen Entladungen vielmehr für
des entstehenden Niederschlages. Auch die drehenden
ngen, die man so sehr allgemein bei den Wetterſäulen
mt, betrachtet er nicht als Wirkungen der Elektricität,
gleich diese sich in vielen Fällen auf gleiche Weise
zeigen mag und die von Herschel und Erman
weise untersuchten wirbelnden Bewegungen des Queck-
nd sonstiger Flüssigkeiten um die Enden der Schlieſsungs-

drähte[1] als beweisend hierfür angenommen werden. tet dieser interessanten Erfahrungen können, nach se sicht, nicht alle drehende Bewegungen als Wirk Elektricität betrachtet werden, denn es zeigen sich s bei vielen andern Gelegenheiten ohne Mitwirkung de z. B. wenn Wasser aus einem Mühlgerinne oder ei Canale in ein erweitertes Fluſsbett tritt. Noch gen sich jene Erscheinungen künstlich nachbilden, wen Gefaſs von etlichen Zoll im Durchmesser mit Wass geringer Höhe über dessen Oberfläche eine etwas we gegen den Horizont geneigte Thermometerröhre so die durch ihre Axe gelegte Verticalebene mit eine messer des Gefaſses nahe zusammenfallt, und dann d Röhre bläst. Hierbei zeigen sich die erwähnten W auf gleiche Weise, und lassen sich insbesondere du streuten Kohlenstaub sichtbar machen, ohne daſs da deste Spur von Elektricität vorhanden ist.

Andere Hypothesen, z. B. daſs an der Stelle der W plötzlich ein leerer Raum entstehe, in welchen das W gesogen werde, oder daſs unterirdische Dünste in die gen, findet Kämtz der Beachtung nicht werth. Erfahrungen hält er es vielmehr für wahrscheinlich Wettersäulen auf mechanischem Wege entweder du mentreffen entgegengesetzter Luftströme, oder durch absinken kalter Luftmassen erzeugt werden, da k Gesetzen der Mechanik Vertrauter beweifeln werde diese Art Wirbel entstehn können.

29) Ehe wir zur Erörterung der elektrischen übergehn, müssen wir zuvor dasjenige näher betrach Oersted[2] in einer gehaltreichen Abhandlung über d säulen gesagt hat. Zuerst stellt er die vorzüglichste nungen zusammen, welche zu diesen Meteoren we hören, und obgleich es genügend scheint, in dieser auf die bereits mitgetheilten ausführlichen Beschre verweisen, so erfordert doch die Vollständigkeit, g nigen Thatsachen kurz hervorzuheben, auf welche e von so groſser Autorität seine Hypothese gründet.

---

1 Vergl. Art. *Säule.* Bd. VIII. S. 67 ff.
2 Schumacher's Jahrbuch 1838. S. 228.

Digitized by Google

Nach OERSTED ist die Wetterſäule eine ſtark bewegte ...ſe, welche über die Oberfläche der Erde hingeht und ...ſs um eine Axe dreht, wovon der eine Endpunct ſich ... Erde, der andere in einer Wolke befindet. Von die... ...ke geht eine Verlängerung herab, die den oberen Theil ...ſäule ausmacht; der untere beſteht, auſser Luft, bald ...er, bald aus feſten Theilen, jenachdem die Wetter... ...r Land oder über Waſſer geht. Die Höhe der Wet... ... wird zu 1500 bis 2000 Fuſs angegeben, doch ſollen ... Höhe von 5000 bis 6000 Fuſs gehabt haben, und ...e niedriger, ſogar nur 30 Fuſs angegeben wurde, ſo ... untere Theil für die ganze genommen ſeyn. Eine ...hört allezeit zu einer Wetterſäule, und wenn man ... wahrnahm, ſo rührte dieſes daher, weil man ſie ſenk... ... der ſich erhebenden W... ...erſäule ſuchte. Der Durch... ... unteren Theiles ſoll im Mittel einige hundert Fuſs, ... über tauſend, aber auch weniger betragen, wozu dann ...l von umhergeworfenen Tropfen gerechnet wird; die ...en, welche dieſelben auf dem Lande machen, ſind ...er. Den Durchſchnitt des mittleren Theiles haben ...hter zu etlichen Fuſs angegeben, allein OERSTED ...ſelbe ſey von einem Luftwirbel umgeben, den man ...mmt, weil er keine undurchſichtigen Theile ent...

... mittlere Theil der Wetterſäulen iſt oft durchſichtig, ... dieſes wohl nur von denjenigen, die ſich über dem ... befinden. Man hat eine Wetterſäule geſehn, deren ... Theil, während ſie über das Land ging, undurch...ar, dagegen aber durchſichtig wurde, als ſie ſich ...en Fluſs fortbewegte. Auf dem Waſſer hat man die ...tigkeit dieſes Theils ſo groſs gefunden, daſs man ..., welche von der Sonne beleuchtet waren, durch den...n konnte. Wenn eine überall undurchſichtige Wet... geſchwächt zu werden anfängt, ziehn ſich die wol... Theile, welche in dieſelbe hinabgeſtiegen waren, ... und da Tropfen, Schaum, Staub und dergleichen, ... andern Theil undurchſichtig machen, nun nicht län...eit hinaufgetrieben werden, ſo wird auch der mittlere ...hſichtig."

...ſs auffallen, daſs in keinem der vielen oben mitge...

theilten Fälle, auſser bei den Sandwirbeln, die ihre
senheit bloſs durch die empor gehobenen Körper ank
von Undurchsichtigkeit, stets dagegen von einer m
minder dunklen, in der Mitte etwas helleren Wo
vielmehr von einem nebelartigen Schlauche die Rede
lerdings beobachtete man häufig den unteren aufbrausen
über dem Wasser, und oben eine Wolke; allein es dü
gewagt seyn, zwischen beiden einen durchsichtigen
selbst nicht sichtbaren Theil als wirklich vorhanden
men; gegen eine Durchsichtigkeit, wie die des Wass
ten aber alle Beobachter, wie Kämtz erwähnt, sich
erklären. Es wird sich aber in der Folge zeigen, da
zeichnung der Durchsichtigkeit nur insofern gelten
sich Bewegungen im Innern der Schläuche wahrneh
Das Sehen einer Wolke durch dieselbe muſs ich auf
ruhn lassen.

„Die Wettersäule hebt und senkt sich abwech
„reiſst daher an einigen Stellen die Bäume aus, m
„an andern die Krone, und berührt sie an noch
„nicht. Die kreisförmige Schnelligkeit derselben is
„beständig, aber fast alle Beobachter erwähnen di
„keiner widerspricht dieser Angabe, allein der unte
„keine kreisförmige Bewegung, so lange die Tromb
„der Erde in Berührung kommt. Man hat eine auf
„abwärts gehende Bewegung in der Wettersäule
„men, versteht sich die eine der Mittellinie näher, ab
„Auch Schraubengänge sind in den Wettersäulen ges
„zuweilen die einen rechts, die andern links gedreht.
„Rabe sah bei einer Wettersäule in Laland Stroh,
„andere leichte Gegenstände in Windungen auſserhal
„tersäule hinaufsteigen."

In Beziehung auf die verheerenden Wirkung
die Wettersäulen anrichten, führt Oersted an, da
Wasserhose auf Christiansöe den Hafen bis zum
den eines groſsen Theiles des Bodens ausleerte,
die herrschende Ansicht, daſs in den Fällen, wo
körner, Thierchen und dergleichen herabfallen sah
einer Trombe herrührte. Vorzugsweise hebt er die
hervor, welche die Gegend von New-Brunsw

Digitized by Google

ei ihrer Richtung von West nach Ost fand man, en Bäume, welche in der Mittellinie ihrer Bahn, Nähe derſelben, umgeworfen waren, mit dem Gi- *Osten* lagen, wodurch ſich ein Luftſtrom in der ichtung, den die Wetterſäule genommen hatte, *gegen* lagen diejenigen Bäume, welche weiter hin- i Seiten gefallen waren, zwar mit dem Gipfel ge- er nicht gerade aus in dieſer Richtung, ſondern n die Mittellinie dieſer Bahn gekehrt. Dabei ent- daſs im Anfange eine entgegengeſetzte Richtung, Ost nach West, an jedem Orte ſtatt gefunden da verfaulte und ſpröde Bäume, die alſo zuerst urden, unter den andern lagen und derjenigen hrt waren, woher die Wetterſäule kam. „Die- rch leicht erklärt, wenn man annimmt, daſs der Nähe der Erdoberfläche gegen den Mittel- gen Ortes überall ſich bewegen, an welchem die i dem gegebenen Augenblick ſich befindet, wor- ſs um die vordere Hälfte derſelben Zuſtrömun- e öſtliche Richtung die überwiegende war, ſtatt , während die westliche Richtung in den Zu- a die hintere Hälfte die herrſchende war." An agen die umgeworfenen Bäume einem gemein- telpuncte zugekehrt.

ände, fährt Oersted fort, thaten dar, daſs g der Luft im Innern der Wetterſäule, und hohen Grade, ſtatt gefunden hatte. Nicht nur oberen Decken der Häuſer waren abgehoben, ſsböden aufgebrochen, welches nicht leicht zu n man nicht annimmt, daſs der Luftdruck von ell und ſtark verringert worden war, ſo daſs kraft der eingeſchloſſenen Luft ein bedeutendes halten muſste. Viele andere Wirkungen dieſer rſäule bestätigen dieſes. Wände und Fenſter rts geworfen. In einem Hauſe, welches durch ſehr gelitten hatte, war ein Betttuch in die d gedrängt und ſaſs ſo fest darin, als ob es gestopft wäre; ebenfalls fand man ein Schnupf- ze der entgegengeſetzten Wand. Diejenigen lche die Wetterſäule aufgehoben hatte, waren

nach der Nordseite hingeführt, mehr oder weniger entfe nach ihrem gröſseren oder geringeren Gewichte.

Hinsichtlich der übrigen begleitenden Umstände de tersäulen erwähnt Oersted das Bekannte, z. B. das wahrgenommene Getöse, den Geruch, ferner daſs sie auf dem Meere als auf dem Lande, und vorzugsweise zeigen, wo Windstille oft mit Unwetter wechselt. Ve trischen Erscheinungen, als Blitzen, Donner, oft einem ten, so daſs man das Versengtseyn des Getreides be sind die Wettersäulen in den meisten Fällen begleit selten folgt auf sie Hagel oder Regen in groſsen T Oersted fand nur einmal den gleichzeitigen Barom angegeben, und wünscht mit Recht, daſs hierüber meh gaben vorhanden seyn möchten. Es war dieses bei de am 16ten Juli 1785, wo der Barometerstand drei T 28 Z. 5 Lin. gewesen war, um 7 Uhr Morgens aber Lin. fiel, worauf um 8 Uhr die Trombe folgte, und u tag das Barometer seinen früheren Stand wieder a Wenn behauptet wird, der untere Theil der Wettersä stehe in einigen Fällen zuerst, so soll dieses nur Te seyn, weil der Luftwirbel unsichtbar bleibt, so lange mit Dünsten oder Wassertropfen angefüllt ist. Die Bewegung im Fuſse der Wasserhosen hat man oft m Kochen verglichen, und geglaubt, es werde dieses d Dunst- und Nebelmasse bestätigt, die gewöhnlich schwebt; allein de la Nux, welcher während 40 J. Bourbon die dort zahlreichen Wasserhosen beobacht hauptet, dieser Dunst sey nur scheinbar und rühre v groſsen Menge aufſprudelnder Wassertropfen her. O meint dagegen, es sey dieses nicht stets der Fall, doc ten sich wohl Dünste um das bewegte Wasser bilden dieses einen geringeren Wärmegrad habe, als die Lu die in derselben enthaltenen Dünste abkühle. Der obe der Wettersäulen soll sich da befinden, wo er sich

1 Die Beschreibung des Meteors findet sich im Journ T. VII. p. 70. Auch bei der Trombe zu Esclades (§. 3) stieg rometer nach derselben, bei der zu Constanz aber (§. 21) der Barometerstand nicht geändert haben, denn sonst hätte L der dasselbe beobachtete, dieses angegeben.

Digitized by Google

rksame Auge in den Wolken verliert. Kurz vor dem nen derjenigen, die sich unſern von Eu zeigte, sah man lken sich theilen und einige in der entgegengesetzten g der übrigen gehn, welches auf eine darauf folgende Um- g hindeutete. Ein aufmerksamer Beobachter, Holm, be- bei einer Trombe in der Nähe von Kopenhagen durch ungen in den unteren Wolkenschichten eine drehende g in den höher liegenden; vom oberen Theile der ule gingen weiſse Wolken aus, die eine wirbelnde g, wie die Wetterſäule selbst, hatten. Auch nachdem h aufgelöst hatte, behielten die Wolken die drehende g bei, und zwar nicht bloſs diejenigen, die den obe- l ausgemacht hatten, sondern auch die übrigen, in Abstande hiervon sich befindenden.

Die Uebersicht der hier vorzugsweise hervorgehobenen n läſst schon vermuthen, daſs sich Oersted gänzlich eidigern der mechanischen Hypothese anschlieſsen Nach ihm ist eine Wetterſäule ein Luftwirbel, an sich htbarer, als die Luft selbst, und bloſs die mit Dün- ssertropfen und festen Körperchen angefüllten Theile n sichtbar. Weder in der Erde, noch im Meere oder der Oberfläche der Erde sind die Bedingungen enthal- e diese Wirbel hervorbringen könnten, und sie müs- in den oberen Regionen ihren Ursprung haben. Durch nde Bewegung der Wetterſäule streben alle Theile Axe gegen den Umfang. Rings um diese entsteht e groſse Luftverdünnung, und so lange der Wirbel nicht erreicht hat, muſs die untere Luft in die ent- Leere eindringen, die dadurch entsteht, daſs die um- n Theile zugleich in die Höhe steigen. Die Luft muſs n allen Seiten herzuströmen, und wenn keine beson- e fortschreitende Bewegung vorhanden ist, müſsen worfenen Gegenstände einem gemeinschaftlichen Mit- e zugekehrt seyn; bei groſser Schnelligkeit des Fort- s muſs der Einfluſs beider Kräfte auf die Richtung r werden. So lange die Wetterſäule die Erdoberfläche cht erreicht hat, muſs im Innern derselben ein auf- nder Luftstrom herrschen, welcher die emportreibende selben ausmacht. Stöſst sie auf Gebäude, so kann die ng von unten gehemmt seyn; hierdurch entsteht eine

groſse Luftverdünnung um das Gebäude herum und üb
selben, so daſs die darin eingeschlossene Luft Fens
Wände auswärts, Dächer, Decken und andere Gegenstän
welche Luft unter sich haben, aufwärts treibt.

Eine so lange Röhre, als diejenige, welche durch d
trifugalkraft in der Wettersäule gebildet wird, kann da
strömungen von unten nicht hinlänglich ausgefüllt wer
ein Theil der Wolkenmasse muſs daher in sie hinab
Die der Axe nächsten Theile werden mit der gröſst
herabwärts getrieben, in einem gewissen Abstande
werden die Theile durch die Centrifugalkraft am Sinke
lich gehindert. Hieraus erklärt sich leicht die trichte
Gestalt der Tromben. Steht der Luftwirbel nahe ü
Meere, so muſs daſs Wasser unter demselben steigen
mittelst der Verdünnung der darüber befindlichen, theils
der von allen Seiten zuströmenden Luft. Auſserdem
im Wasser enthaltene Luft dem darüber befindlichen,
ausgefüllten Raume zustreben, vorzüglich wenn das
sich in einer lebhaften Bewegung befindet. So gesc
dann, daſs das Wasser während des sich nahenden
bels emporsteigt, schäumt und brauset. Wenn der Lu
mit der Erdoberfläche in Berührung kommt, sey es ü
Lande oder über dem Wasser, so müssen die Lufttheil
die Centrifugalkraft auswärts geführt werden und die
mungen aufhören. Die Bewegung der Luft theilt
leicht beweglichen Körpern mit, und sie erhalten
selbst eine Bewegung, nicht bloſs auswärts, sondern auch
Dieses geschieht auf folgende Weise. Die Kreisbeweg
breitet sich nach unten zu und schleudert dadurch fes
oder Wassertropfen, jenachdem das Meteor sich üb
Lande oder über dem Meere befindet, auswärts zum
hin; auf dem geraden Wege auswärs finden solche The
einen groſsen Widerstand in der sie umgebenden Masse,
sie steigen müssen, während sie sich von der Mittelli
fernen. Daher kommen die Vertiefungen auf dem La
das Entblöſsen des Bodens seichter Gewässer; ist die
über dem Meere, so kann man sagen, daſs das Wass
um den Fuſs derselben einen groſsen Kranz von a
benem Wasser mit einer sprudelnden und schäumenden
fläche bilde.

Digitized by Google

h Oersted erhalten die in der Wettersäule aufstei- Theilchen durch die Umdrehung zugleich eine spiral- Bewegung, und Körper, die in ihnen herabfallen, sie früher aufstiegen, oder auch Regentropfen und ner nehmen gleichfalls eine drehende Bewegung an, die erstere durchkreuzt. Man hat daher zwei solche förmige Bewegungen, die eine rechts, die andere links in den durchsichtigen Wettersäulen wahrgenommen. dem Meere sollen dann durchsichtiger seyn, als die auf le, oder vielmehr soll ihre Undurchsichtigkeit bloſs e der in ihnen befindlichen Regentropfen oder Wol- seyn (§. 29). Da die obere Luft in den im Innern rsäule befindlichen luftverdünnten Raum herabsinkt, in denjenigen Fällen, wobei der Wirbel hoch über en hinaufreicht, diese Luft sehr kalt seyn, mithin derschlag bewirken, der häufig in Gestalt groſser Re- oder Hagelkörner herabfällt. Man kann sich dann , daſs die gefrorenen Theile bei diesen Bewegungen r Berührung, bald in Berührung mit wärmerer und Luft kommen, wodurch die einzelnen Eisüberzüge körner erklärlich werden. Die begleitende Elektricität wohl dazu beitragen, eine gröſsere Mannigfaltigkeit gung hervorzubringen, und insofern Volta's Ver- einige Anwendung finden. Hiernach dürften also alle ner Wirkungen solcher hoch über die Wolken hin- den Luftwirbel seyn[1].

Die elektrischen Erscheinungen, welche die Wetter- leiten, hält Oersted mit Recht für eine Folge des Niederschlages, und es läſst sich dann hieraus zu- klären, warum sie mitunter kleine Wolken anziehn r abstoſsen. Wenn man aber in neueren Zeiten an- daſs die Umdrehung derselben aus einem in ihnen vor- elektrischen Strome und dem Einflusse des tellurischen

---

[1] Entstehung des Hagels läſst sich nach einer dieser ähnli- these auch ohne die Annahme von Wirbeln recht gut erklä- Art. *Hagel*. Bd. V. S. 68 ff. Daſs aber mit den zur Bil- Hagels und der Niederschläge überhaupt erforderlichen Be- Luftwirbel leicht, und in gewissem Sinne nothwendig, ver- sind, liegt sehr nahe und bedarf keiner weiteren Nach-

Magnetismus auf diesen abzuleiten sey, so läſst sich hie
einwenden, daſs den vielen Erfahrungen nach nie ein M
durch eine Wettersäule einen elektrischen Stoſs erhielt,
sächlich aber müſsten bei so starker vorhandener elekt
Ladung der Wasserhosen, als zu dieser Wirkung erfo
wäre, die Compaſsnadeln der ihnen nahen Schiffe allese
sie abgelenkt werden, was aber nie bemerkt worden ist, u
selbst dann nicht beweisend seyn könnte, wenn es etwa
wahrgenommen würde. Die vorhandene Elektricität i
Wirkung, aber nicht Ursache der Trombenbildung und
dann denselben Geruch, als bei Gewittern. Das beg
Getöse soll eine Folge zusammenstoſsender Hagelkörn
der oft wahrgenommene pfeifende Laut aber vom Ein
der Luft von unten herauf in die Wettersäule herrühren
beiden Hypothesen stehn nicht wohl zu beseitigende
entgegen. Zuerst sind nicht in allen, ja sogar nur in
nigsten Wettersäulen Hagelkörner vorhanden, bei vie
welche über Schiffe weggingen, dicht bei den Beo
vorüberzogen oder in denen selbst sich Menschen befa
die völlige Abwesenheit alles Regens und Hagels bestim
statirt. Auf gleiche Weise würde es aber einen se
Canal, oder mindestens eine sehr enge, durch feste W
gen eingeschlossene Oeffnung dieses Canals voraussetze
aus dem Einströmen der Luft in denselben nach ak
Gesetzen ein Pfeifen entstehn sollte. Wie mir schein
es absichtlich Schwierigkeiten suchen, wenn man be
nomene aus andern, als bereits bekannten Ursachen
wollte. Das Aufbrausen des Meeres ist bei den Wa
eine genügende Ursache zur Hervorbringung des b
wahrgenommenen Getöses, das Rauschen des Stur
selbst wenn er bei heiterem Himmel bloſs in den höh
gionen statt findet, ist nach sehr allgemeinen Erfahrun
unter so stark, daſs dasselbe aus gröſserer Nähe geh
demjenigen gleichen kann, welches die Wettersäulen
und unter den mancherlei Luftbewegungen, die nothw
der Trombenbildung verbunden sind, können auch a
Weise, als bei den Stürmen, solche vorhanden seyn,
seltener wahrgenommenen pfeifenden Ton geben.

Nach allem diesen hält sich also OERSTED für u
daſs ein Wirbel, welcher in den höheren Luftregionen

Digitized by Google

unten zu verbreitet, als nächste Urſache der
u betrachten ſey. Zugleich wirft er aber die
durch dieſe Wirbel entſtehn, und glaubt, daſs
i einander parallele und in entgegengeſetzter
nde Luftſtröme füglich entſtehn können, die
n den oberen Regionen annehmen dürfen, wenn
tschichten vollkommen ruhig ſind. Obgleich
ner Luftfahrt auf eine ſolche, im Wirbel be-
eſtoſsen iſt[1], ſo fehlt doch der Beweis, daſs
e zur Zeit der Luftwirbel wirklich vorhanden
ir aber bedenken, daſs ſie häufig ſeyn müſſen,
s ihre Exiſtenz ſehr wahrſcheinlich. Wir wiſ-
laſs entgegengeſetzte Luftſtrömungen bei unten
e oft mit einander kämpfen, ſo wie auch, daſs
egengeſetzten, durch den ungleichen Wärme-
ande und über dem Meere hervorgebrachten
oft bis zu einer bedeutenden Höhe erſtrecken
noch in groſser Bewegung befinden, während
iſt.

ier mitgetheilten Theorieen gehören zu den
erjenigen dem Weſen nach ähnlich, welche
SCHENBROEK aufgeſtellt wurde und dann in
STED mit einigen Modificationen ſo gewich-
l. Die bedeutenden Anhänger derſelben be-
t mit einer bloſsen Angabe, daſs dieſe Me-
der Wirbelwinde gehören, ſondern ſie be-
Einzelheiten der Phänomene der Hypotheſe
iger iſt dieſes der Fall bei der Mehrzahl von
ı zur *elektriſchen Hypotheſe* bekennen, doch
en gleichfalls dieſe Anſicht mit groſsem Aufwan-
ı unterſtützen geſucht. Bekanntlich findet BEC-
e Urſache aller meteorologiſchen und ſo vieler
s in der Elektricität, und dieſemnach ſollen

Nachweiſung dieſes Falles und eine genaue An-
en findet ſich hier nicht; handelt es ſich bloſs
olken, ſo gewahrt man ſolche häufig, aber dieſe
Erzeugung der Tromben. Sonſtige Zweifel ſind
worden.

tificiale e naturale. 1753. 4. Lettere dell' elettri-
4.

auch die Wetterſäulen durch elektriſche Anziehung zwi der Wolke und dem Erdboden oder der See entstehn. diese Ansicht hegt Brisson[1], Cavallo[2] aber war de erste, welcher sie durch Versuche zu begründen suchte. man einen groſsen Waſsertropfen auf den Knopf einer geladenen Flasche, und nähert man ihm den Knopf ei dern Flasche, welcher mit der entgegengesetzten El geladen ist, so wird er auf eine seltsame Weise hin spritzt. Hängt ein groſser Waſsertropfen an dem Kno elektrisirten Leiters und nähert man ihm von unten ei chen, mit der Erde verbundenen, leitenden Körper, er sich kegelförmig aus und nimmt die Gestalt einer Wasserhose an. Giebt also eine einzelne stark el Wolke dem Wasser oder dem Erdboden durch ihre kungskreis die entgegengesetzte Elektricität, so entst schen beiden eine starke Anziehung, welche die Wolk förmig herabzieht, das Wasser aber oder leichte Kör porhebt, bis sich ihre beiden Elektricitäten entweder d mittelbare Berührung, oder durch einen Blitz mittheile durch die Erscheinung augenblicklich aufhört und d Theil der Säule in die Wolke zurückgezogen wird, un untere herabfällt. Die wirbelnde Bewegung der Wet scheint bei Cavallo mindestens einigen Anstand er haben, da er diese bei seinen Versuchen nicht allezeit, nur selten durch Zufall entstehn sah. Inzwischen bezog hierbei auf Becket[3], welcher die Vorschrift giebt, m die für den sogenannten *elektrischen Regen* oder den *schen Puppentanz* dienenden Breter auf 4 bis 5 Zoll v ander entfernen, um den Mittelpunct des untern Bre Kleien und sehr kleine Papierschnitzel legen, und we wenn das obere Bret mit dem ersten Conductor, das u der Erde oder dem isolirten zweiten Conductor verbun jene leichten Substanzen wechselsweise angezogen un stoſsen sehn. Becket setzt dann hinzu: „Das Son „bei diesem Versuche, und was die genaueste Aehnlich

1 Mém. de l'Acad. de Paris. 1767.

2 Vollständige Abhandlung von d. Elektricität. Deutsch 3te Aufl. S. 200. 4te Aufl. Th. I. S. 67 u. 241.

3 Essay on Electricity. p. 141.

Digitized by Google

Wirbelwind hat, iſt dieſes, daſs bisweilen, wenn die ...t ſehr ſtark iſt, ſich eine Menge Kleien und Papier ... Haufen ſammelt, eine Art von Säule zwiſchen den ... bildet, plötzlich aber eine ſchnelle horizontale Bewe... nimmt, ſich wie eine beſtändig herumgedrehte Säule ... den Rand der Breter begiebt, von da aus aber auffliegt ... im Zimmer weit umher zerſtreut. Ich geſtehe, daſs ...lich auſser Stande bin, dieſe auſserordentliche Er...g zu erklären; ich nenne ſie auſserordentlich, weil ... nur ſelten zeigt, weil ſie entweder von einem gewiſſen ... der Anziehung und der Menge der Kleien, oder von ...ande der beiden Breter abzuhängen ſcheint, und weil ... ſelten vollkommen gelingt, wenn es nicht zufällig ge...

...iker, die mit dem Verhalten der Elektricität vertraut ... keine Schwierigkeit finden, dieſe Phänomene zu ..., die von der Stärke der Iſolirung, der Trockenheit ..., der Intenſität der elektriſchen Spannung u. ſ. w. ..., auch würde es bei unſern mächtiger wirkenden Ma...cht ſo ſchwer ſeyn, ſolche Verſuche in gröſserem ... anzuſtellen und weit auffallendere Bewegungen her...; allein ſchwerlich dürfte es gelingen, die eigenthüm...lnde Bewegung, die ſich in den Wetterſäulen fin...lich hervorzurufen, und wollte man dieſe und die ... Wirkungen derſelben unmittelbar von der Elektricität ..., ſo müſste dieſe in einem ſolchen Grade der Span... ihnen vorhanden ſeyn, daſs ſie ſicher von denen ...mmen worden wäre, die ſich nahe bei ihnen oder ganz ... befanden. Reimarus [1] wagt daher nicht, die Urſache ...Wirbelbewegung beſtimmt anzugeben, glaubt aber doch, ... in der Wolke liege und durch Elektricität hervorge...werde, wobei er ſich vorzüglich auf die Beobachtungen ...y's [2] ſtützt. Hierin findet er den Grund, warum die ...ulen nie bei ſtarken Stürmen entſtehn, weil letztere ...drehung um eine beſtimmte Axe ſtören, desgleichen ... ſie nicht bei jedem Gewitter, in manchen Gegenden ...ren aber öfter, als in andern ſich zeigen, weil die zur

[1] Vom Blitze. §. 155 ff.
[2] Haarlemer Verhandlingen. T. III. p. 321.

Erzeugung der Wirbelbewegung erforderlichen Bedingung überall gleich sind. Den Einwurf, daſs nicht alle Wet mit Blitzen aufhören und manche nach erfolgter Berüh oberen und unteren Theiles noch fortdauern, beseitigt die Bemerkung, daſs man die Blitze nicht allezeit s Bewegung aber nach aufgehobener Ursache noch eine in Folge der Trägheit fortdauern müsse.

33) Michaud[1] giebt zwar keine nur etwas in di heiten der Erscheinungen eingehende Theorie der Wa erklärt sich aber bestimmt gegen die durch Messc aufgestellte, und setzt hinzu, er halte es nicht für u eine künstliche Wasserhose mittelst der Elektrisirma Kleinen ebenso nachzubilden, als dieses beim Donner geschehe. Auch von Horner besitzen wir, so viel kannt, keine vollständige Theorie der Wetterſäulen, der Aeuſserung: „daſs die Landtromben heftiger wirk „zerstörender sind, als die Wasserhosen, weil bei den „durch das Entgegenkommen des Wassers das Gleic „der Elektricität erhalten oder hergestellt und dadurch „kung geschwächt wird,“ laſst sich mit genügendem auf seine Vorliebe für die elektrische Hypothese s Nichts weniger als bestimmt für diese erklärt sich B (§. 15), indem er sagt, es seyen noch keineswegs T genug vorhanden, um zu entscheiden, ob die Tromben schen Ursprungs, oder bloſs mechanische Wirkung Wirbelwindes sind. Dagegen leide es keinen Zweifel in den meisten Fällen von elektrischen Erscheinungen werden, und daſs die auſsteigende Spiralbewegung des von einer kräuselnden Bewegung der Luft herrühre, d das Zusammentreffen zweier entgegengesetzter Winde Bestimmter drückt sich hierüber Th. Young[2] aus. N ner Meinung sind die Wetterſäulen, wenn nicht ele Ursprungs, doch mit der Elektricität wahrscheinlich Verbindung stehend, und wenn das Ganze derselben ein tenden Schein giebt, so dient dieser vielleicht dazu, d tricität von der Wolke zur Erde zu führen. Einige

1 Mém. de l'Acad. de Turin. T. IX. p. 3. Journ. de XXX. p. 284. G. VII. 64.

2 Lectures on Nat. Philos. Lond. 1807. T. I. p. 716.

Digitized by Google

sich erklären, wenn man die Trombe als einen
etrachtet, welcher Wassertropfen in die Höhe
on der Oberfläche der Wellen getrennt hat, die
ı vielleicht von einer Mitwirknng der Elektrici-
erden, die in den benachbarten Wolken bereits
Als einen Anhänger der elektrischen Hypothese
:h Hare[1], und er glaubt noch obendrein der
welcher die Ursache der Tromben in der Elek-
Nach seiner Ansicht soll die Elektricität eine
Luft von allen Seiten her nach der Axe der
d in dieser aufwärts bewirken.

ntschieden für den elektrischen Ursprung der
ırt sich Pohl[2], und es ist ihm auch nach ge-
in Leichtes, alle Einzelheiten aus dieser Hy-
ı, die er vorzugsweise auf die wirbelnde und
gung derselben gründet. Daſs der eigentliche
der Wettersäulen ein elektrischer Ausglei-
ischen Atmosphäre und Erde sey, scheint ihm
chen Merkmalen unverkennbar hervorzugehn,
le, die es versuchten, sich über den Entste-
enschaft zu geben, bei aller Verschiedenheit
über einverstanden seyn sollen. Die Gewitter
iulen unterscheiden sich daher nur dadurch
s bei jenen die Ausgleichung in momentanen
diesen dagegen in einer continuirlichen Strö-
mosphäre zur Erde oder umgekehrt besteht.
n und weit verbreiteten elektrischen Span-
r Erde und den höheren Regionen der At-
ı der Drang zur Ausgleichung an zwei ge-
itellen concentriren und unter begünstigen-
r Atmosphäre eine continuirliche Entladung
beiden liegende Luftsäule erzwingen kön-
demnach als Verbindungsdraht, und ist zu-
r *Elektromagnet*, welcher als solcher durch
s in einer auf den magnetischen Meridian
ıg entweder von Ost nach West, wenn

. Journ. 1837. April. Biblioth. univ. 1837. Sept.

v für die ges. Naturl. Th. IV. S. 181.

positive Elektricität aus der Erde aufsteigt, oder vo nach Ost, wenn die positive Elektricität aus der Atm kommt, fortgetrieben, und zugleich nach demselb setze der progressiven Fortschreitung in der nämliche tung auch um seine Axe gewirbelt werden muſs. übereinstimmend hatte die zu Bonn beobachtete We (§. 8) eine der senkrechten Richtung auf den Merid wohl entsprechende Richtung von SW. nach NO., w doch zu berücksichtigen ist, daſs locale Ursachen die die magnetische Declination bedingte Richtung m können.

Sofern also Pohl die Wetterſäulen als groſse R betrachtet, durch welche die Elektricität von der ob mosphäre zur Erde und umgekehrt strömt, müssen d durch den tellurischen Magnetismus in rotirende Beweg setzt werden. Hierbei bezieht er sich auf die Erfahru verschiedene Apparate angegeben worden sind, bei denen tromagnetische Leitungsdraht der hydroelektrischen Ke den tellurischen Magnetismus während 16 Secunden umgedreht wurde, und bei der Gewalt der atmosp Elektricität, die unglaublich stärker als die unserer Sä soll, müſste die Umdrehung noch schneller seyn. W angenommen, daſs nur eine Umdrehung der Wetterſäul rend fünf Secunden erfolgt, so würde doch bei einem messer von 500 Fuſs die Geschwindigkeit der äuſserste mehr als 300 Fuſs in einer Secunde betragen, was schwindigkeit eines Orkans um mehr als das Doppel trifft und die furchtbaren Wirkungen dieser Meteore e macht[1]. Es soll ferner eine einfache Folge der an Kraft der Elektricität einerseits und der rotirenden B der Trombe andererseits seyn, daſs das Wasser, über

---

1 Bei den Staubwirbeln bemerkt man eben nicht, daſs kung mit gröſserer Entfernung vom Centrum wächst, vielm sie sich iu der Mitte zu concentriren und daselbst die grö der Hebung zu haben. Ueberhaupt darf man der so sehr Luft, deren Theile so wenige Adhäsion zu einander haben, vermerkt das Verhalten starker Körper unterschieben, wie d bei Volta's Theorie vom Hagel nicht zu übersehn ist, daſs ken keine festen Breter sind, womit man die Versuche des ele Tanzes anzustellen pflegt.

getrieben wird, in Spirallinien in ihr auf und ab ge- wird, auch muſs die Bewegung der auf- und abstei- Spiralen nothwendig entgegengesetzt seyn, sobald die Wettersäule nur etwas gegen den Horizont geneigt lches mit den Beobachtungen übereinstimmt.

se Hypothese ist bereits durch Oersted genügend wider- den (§. 31), und es läſst sich nur noch etwa als eine it hinzusetzen, daſs wir keinen Grund haben, anzu- die Elektricität könne auch bei dem höchsten Grade nung einen mit Luft und obendrein zuweilen mit Luft erfüllten, mehrere hundert Fuſs hohen Raum so laufen, als erfordert wird, wenn Elektromagnetismus en soll, und es giebt auch keine Erfahrung, welche daſs Luft in Folge der sie durchströmenden Elektri- netisch geworden wäre. Das sehr hohe Aufspritzen ers im Fuſse starker Wasserhosen ist ohnehin aus die- these nicht erklärbar, denn der in Folge durchströ- lektricität magnetisch gewordene Leiter zeigt weder g noch Abstoſsung, was auch der Natur der Sache wohl seyn kann.

n ihrer Originalität erwähne ich hier die Frage, wel- ra[1] bei dieser Gelegenheit aufwirft, nämlich ob wohl säulen aus Feuerkugelstoff in Gasform bestehn, da in der Richtung von O. nach W. und umgekehrt Beides ist bekanntlich nicht der Fall, und wenn der im westlichen Europa beobachteten Trom- dwestliche Richtung hatten, so leitet Kämtz dieses dem Umstande ab, daſs gerade diese Richtung den witterstürmen im westlichen Europa eigen ist; au- kennen wir die aus den Feuerkugeln herabfallen- steine besser, als daſs wir glauben sollten, sie könn- ls Wassertropfen oder Hagelkörner, die gewöhnli- nisse der Tromben, zum Vorschein kommen.

er neueste und eifrigste Vertheidiger der elektrischen st Peltier, zu dessen Ansichten sich auch Becque- , sofern er sie ohne Einwendung ausführlich auf-

0. S. 185.

expérimental d'Électricité et du Magnétisme. Par. 1840.

der Erde genügend nähern und sich durch die Zwische anderer, den Boden berührender und als Leiter dienender ken ohne Explosion entladen. Es ereignet sich oft, d auf der Erde befindliche Körper unter diesen, einem kehrten Kegel gleichenden Wolken, je nach ihrer Le fähigkeit, Gestalt, Ausdehnung und ihrer Berührung Boden als Leiter dienen. Leichte, entgegengesetzt el Körper werden gegen die Trombe angehoben, dort n und fallen dann wieder zurück, um aufs neue elektrisch und abermals aufzusteigen, wodurch sich unter dem ungeheure Staubwolke bildet. Bäume und sonstige i befestigte Körper werden augenblicklich mit einer M tricität geladen, die Erde nimmt die nämliche an, der anziehenden Kraft der Trombe, und die Bäum als auch in der Erde befestigte Gegenstände werden rissen, während die benachbarten unbeschädigt bleibe die Gegenstände Leiter, so leiden sie die Wirkunge namischen Elektricität. Sind die Wolken nicht l dicht, um eine dauernde Leitung der Elektricität zu zeigen sich plötzliche Entladungen durch Blitze. Hi also die Tromben nichts anderes, als unvollkommene L schen den Gewitterwolken und der Erde.

Das begleitende Getöse hält Peltier für die F Menge schnell auf einander folgender partieller und es ist daher nach der ungleichen Leitungsfäh schieden; am stärksten zeigt es sich an den unteren Tromben, die über das Land hingehn, wegen des S der beweglichen Gegenstände, die den Leiter begren dem Wasser zeigt es sich weniger wegen der be tungsfähigkeit der wässerigen Theile. Gestützt a schiedene Bewegung der Luft in Folge der Anzieh Abstoſsungen, denen sie unterworfen ist, und den gegengesetzter Strömungen von ungleicher Stärke gend, sucht er zu zeigen, wie sich die geradlinig in eine mehr oder weniger bestimmte kreiselnde wonach also das Meteor bald die eine, bald die a Bewegungen zeigt. Die künstlich nachgebildeten der Elektricität auf das Wasser zeigen sich auch bei den Wasserhosen. Ist der beim Versuche d durch eine ebene Fläche begrenzt, oder befind

n solchen Abstande, daſs die elektrische Entladung nicht
ändig statt finden kann, so wird die Flüssigkeit angezo-
und befindet sich dann in einem entgegengesetzt elektri-
n Zustande. Wenn dagegen der elektrische Körper mit
n versehn ist, oder mit Hervorragungen, welche das
men der Elektricität begünstigen, und das Wasser daher
bedeutende Menge derselben aufnimmt, so erhalten die
Schichten mehr, als sie abgeben können; sie werden
r Wolke zurückgestoſsen, es entsteht eine Vertiefung,
ch die unteren Lagen sofort ersetzt wird. Hieraus ent-
merst gerade und nachher kreisförmige Strömungen.
elektrische Spannung stark genug, so wird das Wasser,
die Bäume, in die Höhe gehoben. Das Einströmen der
cität in das Wasser tödtet die Fische nicht, wenn die
atur nicht zugleich bedeutend dadurch erhöht worden ist,
ber ein hinlänglich starker Entladungsschlag entweder
ich selbst oder durch den Rückschlag. Sind die in der
festigten Körper mit Spitzen oder sonstigen Leitern ver-
so strömen sie gegen die Wolke die entgegengesetzte
cität aus. Diese letztere ist in gröſserer oder geringerer
vorhanden, je nach der Leitungsfähigkeit der Körper
r Verbindung mit feuchten Substanzen. Unter geeig-
dingungen kann dieser Strom die Temperatur der nicht-
n Theile bedeutend erhöhn, bei grünenden Pflanzen aber
mlichen Saft verdampfen[1]. Ist zugleich die absto-
Kraft der Elektricität starker als die Gewalt der Rinde,
n die Bäume an den Stellen, welche den geringsten
and leisten, gespalten, an andern in mehr oder weniger
Splitter zerrissen, alle Feuchtigkeit verschwindet, und
kann sie für künstlich ausgetrocknet halten.

gen die Hypothese, wonach alle Wettersäulen durch
bewegung erzeugt werden sollen, erklärt sich Peltier[2]
n, weil bei der Wasserhose zu Nizza am 12. April 1780
keine Wirbelbewegung wahrgenommen wurde, bei der zu
[3] aber eine solche nicht vorhanden seyn konnte, da para-

Dieses bezieht sich zunächst auf die durch Peltier mitgetheilte
Beschreibung einer Trombe (§. 6), die er vorzugsweise bei
Theorie zum Grunde legt.
L'Institut. N. 295. p. 280.
Beschrieben durch Buyet in Journ. de Phys. T. VII. p. 334.

Digitized by Google

sitische Wolken sich auf- und abwärts bewegten, w
auch bei der zu Chatenay (§. 6) sah. Auch bei der V
hose über dem Genfer See (§. 20) zeigte sich keine
bewegung, und bei der einen von Buchanan beschr
(§. 17) konnte sie nicht statt finden, weil der Schlau
der Wolke aus drei Theilen bestand, die in einen
schaftlichen vereinigt waren. Peltier verwirft übri
mechanische Hypothese nicht ganz, sondern meint, be
sichten könnten theilweise, aber nicht allgemein, rich
Hiernach soll es dann zweierlei Tromben geben, bloſs
sche und solche, die mit Wirbelbewegung verbunden

36) Im Ganzen scheint es mir nicht, als sey die
der Wettersäulen durch Peltier's Bemühungen bedeuten
gebracht worden; seine Versuche sind dem Wesen nac
ben, die wir seit den Zeiten Beccaria's kennen, we
in weit gröſserem Maſsstabe und mit ungleich bessere
raten angestellt, ebendaher auch weit vollkommener.
gerungen, die er hieraus ableitet, beziehn sich haup
auf die durch die Elektricität bewirkte Anziehung
belnde Bewegung; wenn er aber hierüber hinausgeht
das Ausreiſsen der Bäume und Pfähle als eine Wirk
trischer Anziehung zu betrachten scheint, so dürften
siker hiergegen gegründete Zweifel hegen. Was er
enorme, in den Tromben vorhandene Hitze sagt,
Bäume gespalten und in Splitter zerrissen seyn sollen
auf der Erzählung der Wirkungen, welche die W
bei Chatenay (§. 6) angerichtet haben soll. Allein d
ganz isolirt, bei keiner unter allen in groſser Zahl be
Tromben ist jemals etwas Aehnliches wahrgenommen w
manche unwidersprechlich constatirte Thatsachen stehn
auffallendem Widerspruche. Bei weitem in den meist
ben sind Dünste, in vielen Regentropfen und Hagelk
halten, was bei einer bis 150° C. gehenden Tempe
unmöglich seyn würde. Es wäre daher vor allen Din
wendig gewesen, den Thatbestand dieser, von allen
sehr abweichenden Erscheinung genau zu ermitteln
jeden Einwurf zu sichern, was nicht geschehn ist,
scheint die Beschreibung, obgleich Uebertreibungen
auſserordentlichen Fällen fast nie fehlen, weil der M
seiner Vorliebe für das Wunderbare das ihm als sol

Digitized by Google

zu vergröſsern geneigt ist, dennoch ohne scharfe
nommen zu seyn. Waren wirklich einige Bäume
lere zersplittert und die Stücke weit umhergeschleu-
so würde es weit weniger gewagt seyn, dieses von
len Blitzschlägen abzuleiten, wodurch diese Bäu-
wurden und welche den Tromben in der That
liegen, als diesen Meteoren eine so enorm hohe
zulegen. Was übrigens die versengten oder, wie
n wollen, verdorrten Blätter betrifft, so ist nicht
en, ob diese unmittelbar nach dem Verschwinden
tersucht wurden, denn sonst wäre es nicht so
enn abgerissene Blätter in der Wärme, die so
äulen folgt, am 18ten Juni in wenigen Stunden
geworden wären.

wir von diesen, nach den erhobenen Zweifeln
genügend constatirten Thatsachen, so kommt
der Wettersäulen im Wesentlichen auf zwei
eine auſsergewöhnliche Anziehung mancher
ich des Wassers bei den Wasserhosen, und eine
wegung, welche ganz ungewöhnliche, zuwei-
fliche Verheerungen anrichtet. Hieran lieſsen
die wässerigen Niederschläge knüpfen, allein
wegen ihrer nahen Verwandtschaft mit Ge-
erklären, daſs sie ganz unberührt bleiben kön-
ende Getöse endlich ist schon oben (§. 31),
befriedigend erledigt worden, und kann nicht
seyn, sobald nur die Hauptsachen auf physi-
n genügend zurückgeführt worden sind.

en wir zuerst die enormen Wirkungen, wel-
und fortschreitende Bewegung der Luft an-
diese keine andern, als welche durch heftige
Orkane hervorgebracht werden, sofern bloſs
usgeübten Gewalt die Rede ist. Es geht also
hervor und läſst sich auch durch Rech-
s die Luft bei hinlänglich schneller Bewe-
erungen anrichten kann, als wir bei Orkanen
wahrnehmen[1]; einige Eigenthümlichkeiten
aber offenbar Folge der bei ihnen unzwei-

[1] ind. *Geschwindigkeit u. Stärke desselben.*

felhaft statt ſindenden, ganz eigentlich kreiselnden Be
Hiermit kann man sich dem Anscheine nach, wie zu
weilen vorausgeſetzt wird, begnügen, und es wär
bloſs noch die Frage zu erledigen, auf welche We
durch welche Ursachen nicht sowohl die fortschreitende
gung, die mit der der Winde zusammenfällt, als viel
rotirende erzeugt werde, und dieses bezwecken auch d
über aufgeſtellten Theorieen; allein es ist zugleich n
verkennen, daſs die Tromben einige seltener oder häufi
zeigende Erscheinungen darbieten, die sich nicht auf g
liche Luftbewegungen zurückführen lassen, und auſserd
dann noch die Hauptfrage übrig, auf welche Weise die
belbewegungen entstehn.

Zunächst in Beziehung auf diese letztere Frage,
allezeit als die wichtigste betrachtet hat, sind die Sch
keiten nach meiner Ansicht keineswegs unüberwindlic
wenigsten bin ich geneigt, der Hypothese beizutreten,
einander parallele, aber in entgegengesetzter Richtung
Winde eine zwischen ihnen befindliche Luftmasse in d
tirende Bewegung versetzen sollen. Die erzeugten Säu
allezeit genau oder fast vertical und setzen daher zwei
ticaler Ebene bewegte Luftströmungen voraus; da ab
zontale und in entgegengesetzter Richtung bewegte Luft
der Natur der Sache nach ungleich häufiger seyn müs
sich auch nicht selten als wirklich vorhanden zeigen, s
doch irgend einmal eine horizontale Wetterſäule erzeugt
seyn, wovon aber durchaus kein Beispiel vorhanden ist.
Umstand muſs bei jeder Theorie berücksichtigt werden, l
aber leicht erledigen. Die Luftbewegungen haben im
schon von selbst die Tendenz zur verticalen Richtung
die ungleiche Dichtigkeit in Folge verschiedener Te
oder entstandener Niederschläge entweder die Bewegung
haupt erzeugt, oder auf jeden Fall bedingend einwirkt.
folgert daher (§. 28) sehr richtig, daſs die auf irge
Weise, namentlich durch die Einwirkung der Sonnen
auf den Erdboden, erhitzte Luft leicht zum Aufsteigen g
werden könne, und wenn wir dann annehmen, daſs die
erhitzten Luftschichten anfangs zwar nur langsam auf
dadurch aber allmälig zu stets gröſseren Höhen gelangt
läſst sich leicht zeigen, daſs eine so exorbitant hohe aufste

Digitized by Google

ile füglich diejenige Geschwindigkeit erhalten könne, die
r zur Erklärung ihrer gewaltsamen Wirkungen beilegen
. Der nämliche umgekehrte Effect findet statt, wenn
uftmassen herabsinken, und wird noch beträchtlich er-
sobald die Elasticität der Luft dann durch wässerige
hläge eine bedeutende Verminderung erleidet. Ist aber
ewegung einmal vorhanden, so bietet die Erklärung der
keine groſsen Schwierigkeiten mehr dar. Alle in Was-
noch mehr die in der Luft frei schwebenden Körper
durch excentrisch auf sie wirkende Kräfte sehr leicht
lende Bewegung an, z. B. die groſsen Eismassen in
rmeeren, die Luftballons u. s. w., und man beobachtet
daſs der aus den Schornsteinen aufsteigende Rauch, so
in der Luft schwebende Körper diese wirbelnde Be-
annehmen; kein Wunder also, daſs die statisch frei
nden Luftsäulen sehr bald durch die verschiedensten Ur-
n eine rotirende Bewegung versetzt werden, deren Ge-
gkeit diejenige sehr leicht um ein Vielfaches übertreffen
welche bei den Eismassen der Polarmeere das Erstaunen
ahrer erregt[1]. Viele haben gerade die Wirbelbewegung
Wirkung der Elektricität betrachtet, allein es bedarf
zu nicht, obgleich sie neben andern Ursachen gleich-
n einigem und selbst wohl bedeutendem Einflusse seyn
Solche mit groſser Vehemenz wirbelnde Luftsäulen, die
ndrein oft unglaublich schnell fortschreiten, genügen
zur Erklärung der schrecklichen Verheerungen, wel-
Wettersäulen anrichten, und da sie nicht in regelmä-
zontaler Richtung fortschreiten müssen, sondern sich
groſser Gewalt herabsenken können, so wird hieraus
h, wie die sich auf den Rhein stürzende Trombe (§. 8)
ser bis auf den Boden verdrängen konnte.

wischen werden hierdurch, was bloſs der mechanischen
e angehört, einige Erscheinungen nicht erklärt. Al-
darf nach dem bekannten Versuche von Clément[2]
ersehn werden, daſs die mit einer gewissen Geschwin-
sich bewegende Luft, wenn sie vermöge der Trägheit
r Geschwindigkeit da beharrt, wo sie sich weiter aus-

1 Vergl. Art. *Meer, Gefrieren desselben.* Bd. VI. S. 1696.

2 Vergl. Art. *Pneumatik.* Bd. VII. S. 679.

breiten kann, einen luſtverdünnten Raum bildet. Obgl
hieraus nicht folgern läſst, daſs im Innern der Säule ei
ſtändiges Vacuum vorhanden ſey und Gegenſtände in
durch den äuſseren Luſtdruck emporgehoben werden, w
darin einen Gegengrund findet, daſs ein bloſser hohler
von unbeſtimmt dicken Wandungen nicht wohl die
liche Luftmaſſe haben könnte, um die bekannten mech
Wirkungen zu äuſsern, ſo laſſen ſich doch aus dieſem
manche räthſelhafte Erſcheinungen erklären, welche
terſäulen darbieten. Dahin rechne ich, daſs in Hä
Zimmern, durch welche dieſelben ihren Zug nehmen,
ren und Fenſter bald nach innen, bald nach auſsen
und Gegenſtände in Oeffnungen und Ritzen gepreſst ſi
die heftig bewegte Luftmaſſe kann in einem begrenz
mer je nach den vorhandenen Bedingungen ſowohl
breiten, als auch comprimirt werden. Bei den La
muſs auſserdem in Folge des unüberwindlichen Wid
den der feſte Boden oder ſonſtige für ſie unbeweglich
ſtände ihnen entgegenſetzen, an denen ſie zuweilen
die Bewegung bald aufwärts, bald abwärts gerichtet ſe
hieraus wird in Verbindung mit der ſtarken Rotation
reiſsen und Aufheben von Bäumen, Pfählen und haup
von überall nicht feſtſitzenden Körpern erklärlich; w
den Berichten nach geplattete oder gepflaſterte Fuſsbö
ihnen emporgehoben ſeyn ſollen, ſo ſcheint mir hierfü
als für das hohe Aufbrauſen des Waſſers, die bloſse
bewegung zur Erklärung nicht genügend.

Für dieſe und einige andere Erſcheinungen bin i
geneigt, die Mitwirkung der Elektricität in Anſpruch
men. Man findet bekanntlich in der Regel bei Blit
ſehr häufig den gepflaſterten oder mit Steinplatten
Boden aufgeriſſen, und da in den Tromben allezeit ei
elektriſche Spannung herrſcht, ſo iſt es wohl nicht
anzunehmen, daſs in einzelnen Fällen ganz eigentlich
aus ihnen in die Erde fahren und die genannten W
hervorbringen, ohne daſs man dieſe Blitze in der W
ſtimmt ſieht oder ihren Donner hört, entweder weil
in dem geſammten Getöſe verliert, oder die Wolkenh
einen Schlauch oder eine Röhre, nicht genügend durchdrin
ſchnell wirbelnde Bewegung ohnehin die Erzeugung ein

ern könnte. Da sich überhaupt ähnliche Wolken, ie Landtromben bilden, so häufig in starken und ltenden Blitzen ihrer Elektricität entladen, so dürfte *scheinen*, daſs diese so selten während der Dauer und meistens erst unmittelbar mit und nach ih- *nden* wahrgenommen werden, und es führt dieses thung, daſs diese gleichsam nothwendig bedingten wischen den Wetterſäulen und der Erde aller- len mögen. Es ist nicht nothwendig, daſs hier- von den höheren Wolken ausgehn und zur Erde mehr dient die Wetterſäule dazu, sie der Erde n, wobei zugleich zu berücksichtigen ist, daſs die Volken, bei den sogenannten schweren, niedrig ttern, ausfahrenden Blitze nicht eben die un- d, indem im Ganzen vielmehr das Gegentheil us diesen hiernach höchst wahrscheinlich statt *schen* Entladungen der Landtromben lassen sich einige andere Erscheinungen erklären, wobei *gs gefol*gert werden kann, daſs sie allen Trom- ch begleitend angehören.

Weise scheint mir eine bloſse Wirbelbewe- gend, um das nicht selten der Bildung des usgehende und nach dem Verschwinden des- auernde Aufbrausen des Wassers daraus abzu- aupt dasselbe zu groſsartig, zu gewaltsam und r eigenthümlichen Beschaffenheit ist, als daſs llein mit genügendem Grunde zurückführen vir uns vor, wie, so oft das Meer aufzubrausen ig oder erst etwas später an irgend einer Stelle Schlauch sich konisch herabzusenken anfängt auch nur kurze Zeit, durch eine Luftschicht *mehr* Fuſs von einander entfernt sind, so at schwer, sich von dem erzeugenden Wirbel ung zu machen. Die Annahme, als entstehe Zufall gleichzeitig oben und unten, dürfte und ebenso die Voraussetzung, daſs die zu ngenommenen Winde sich in der ganzen, n, verticalen Ebene bewegen sollten, was l mit der gewöhnlich rings umher herrschen- träglich ist. Ein Herabsinken des Wirbels

von oben nach unten, ohne dort Spuren seiner Wirksam
zeigen, und ein demnächstiges Wiederaufsteigen desselbe
ein umgekehrtes Verhalten anzunehmen, um die ange
Erscheinungen zu erklären, scheint mir allzugewagt z
Auſserdem kann man, allen Beschreibungen nach, den
Wasserhosen nicht wohl als das Erzeugniſs bloſser W
wegungen betrachten, denn man begreift in der Th
wie hierdurch das Wasser auſbrausen, lothrecht in Sp
die Höhe steigen und tropfenweise in parabolischen Bo
verschiedene Zeichnungen dieses angeben, wieder he
sollte. Keine unter allen mir vorgekommenen Darst
des Fuſses der Tromben drückt eine so gewaltsame W
wegung aus, wodurch das Wasser zu einer solchen,
Fuſs und darüber angegebenen Höhe gehoben werden
und ebenso wenig ist die Gestalt der meisten mit der
lung vereinbar, als würde das Wasser in den hohlen,
ren oder mit verdünnter Luft erfüllten Schlauch au
noch weniger, als würde er von aus ihm strömender
rückgestoſsen, vielmehr gleicht er, mindestens in den
tem meisten Fällen, dem Erzeugnisse einer das Wa
unten auf emporwerfenden Kraft, die zugleich einen
Theil desselben durch starke Zertheilung in Dun
wandelt.

Um dieses und das so oft bemerkte gleichzeitige
gen und Herabsinken des Dunstes und der Wassertro
Innern der Schläuche zu erklären, wüſste ich zu keine
Kraft meine Zuflucht zu nehmen, als zur Elektricität,
ohnehin eine stete Begleiterin der Tromben ist. Dies
these zur Erklärung, namentlich des letzteren Phä
dürfte mehr für sich haben, als wenn man die genau
wegung von Wirbeln ableiten wollte; denn diese zei
am einfachsten und deutlichsten bei den sogenannten S
beln, bei denen niemals ein regelmäſsiges Aufsteigen u
absinken der Körper, sondern stets ein unordentliche
einander Wirbeln derselben, mit einer vorherrschenden
zum Aufsteigen, wahrgenommen wird, wie es die N
Sache mit sich bringt. Daſs die Elektricität vermöge
eigenthümlich zukommenden Anziehung und Abstoſsung
solche Erscheinungen zu erzeugen vermöge, wie wir
den Wettersäulen wahrnehmen, ist in Gemäſsheit za

…he nicht zweifelhaft, wobei vorzüglich noch berücksichtigt …muſs, daſs bei hochgesteigerter elektrischer Spannung … Wolken allezeit eine entgegengesetzte Spannung des …statt findet, ohne welches Verhalten die Erscheinungen …tzes nicht erklärbar seyn würden, und es bleibt daher …h fraglich, ob wir der Elektricität, wie sie in den …n vorhanden ist, eine hinlängliche Kraft beilegen dür… …m so groſsartige Wirkungen hervorzubringen, als die …ngen uns darbieten.

…se Frage zu bejahen nehme ich durchaus keinen An… …nd glaube sogar, daſs sich eine hierauf zu gründende …se durch gewichtige Argumente genügend werde un… …n lassen. Ist einmal die Elektricität in der Wolkenre… … zu einem solchen Grade der Spannung frei geworden, …h dieser in ähnlichen Fällen durch gewöhnliche Blitz… …kund giebt, hat zugleich der Erdboden eine dieser …male, aber entgegengesetzte Spannung angenommen, was …wendig bedingt vorausgesetzt werden kann, so müssen …h alle im Bereiche dieser Elektricitäten befindliche Körper, …hrer Leichtigkeit und der auf sie einwirkenden Gewalt, in …g kommen. Diese Bewegung, welche sich sofort auch den …und der Luft mittheilt, ist bekanntlich keine geradli… …dern allezeit eine wirbelnde, und das angeführte Bei… …r Eismassen und sonstige Erscheinungen zeigen genü… …is zu welcher Geschwindigkeit und Stärke solche Be… …n, sobald sie einmal begonnen haben und wenn dann …erzeugende Ursache auf sie zu wirken fortfährt, ge… …n werden pflegen. Hiermit ist also die Bewegung der …d der Dünste, und zwar die wirbelnde, mit allen ihren …en und Folgen gegeben; die fortschreitende aber, wel… …er der Winde zusammenfällt, bedarf hier keiner näheren …g, auch ist oben bereits gesagt worden, daſs die wir… … Wettersäulen, sobald sie einmal die erforderliche Stärke …haben, keineswegs ohne Unterbrechung in horizontaler …rtschreiten, namentlich der vielen Hindernisse wegen … Lande, sondern daſs sie sich bald heben, bald herab… …müssen, beides mit nicht unbedeutender Gewalt, wie … Erfahrung bestätigt.

…wischen ist gleichfalls, und zwar gewiſs mit Recht, oben … worden, daſs die Wirbelbewegungen nicht genügen, um

die Bildung des Fuſses der Wasserhosen aus ihnen abz
Die Anhänger der elektrischen Theorie sind geneigt,
die elektrische Anziehung in Anspruch zu nehmen,
werden sich auch nicht durch das Argument für widerle
ten, daſs diese Kraft unmöglich ein Aufspritzen des
bis zu 30, ja der Angabe nach sogar 50 Fuſs Höhe be
könne, weil wir kein Maſs für die Gewalt der atmosphä
Elektricität besitzen; unbefangene Physiker können
zuverlässig das hierbei statt findende Miſsverhältniſs
Ursache und Wirkung nicht verhehlen. Auch hierü
aber analoge Erscheinungen genügende Aufklärung.
man, auf welche Weise die gewöhnlichen Wasserwel
zeugt und vergröſsert werden, so ergiebt sich bald,
einzelner Luftstoſs nicht im Stande seyn kann, solche
Wassermassen aufzuthürmen, die aber dennoch durch
holte Stöſse gebildet werden, und diesemnach kann m
wohl umhin, das Aufbrausen des Fuſses bei den Was
von ähnlichen Ursachen abzuleiten. Auch bei diesen
die Wassertheilchen wiederholt, und dem Anscheine
schnell auf einander folgenden Wechseln, angezogen
rückgestoſsen, wonach also die Kraft doppelt wirke
müſste, wenn sie anders nicht einfach ist und die
nen Partikeln nach aufhörender Anziehung von selbs
zurückfallen; jedenfalls entsteht hierdurch eine andauern
lenbewegung, die stets zunimmt, wenn die wirkende
fortdauert, und somit die Bewegung stets wieder
Schon Franklin verglich diese Oscillationen mit de
Glocke, die durch fortgesetzte Stöſse mit nur eine
allmälig in eine jeden Widerstand überwindende ge
Bewegung versetzt werden kann. Läſst man einen
tropfen in eine ruhig stehende Wassermasse von n
bedeutender Höhe herabfallen[2], so pflegen Wassercylin
Kegel oder nur ein oder einige Tropfen bis zu einer Höh
zuspringen, die der des herabfallenden Tropfens beinah
kommt; wie viel bedeutender müſste aber diese Wirk
wenn die aufspringende Masse gleichzeitig entweder
her angezogen oder von unten herauf abgestoſsen wür

1 Vergl. Art. *Wellen*, namentlich §. 7.

2 Vergl. ebendaselbst. §. 24 und die vorhergehenden §§.

Digitized by Google

ı sogar beides zugleich, kann bei den Tromben aller- Folge der vorhandenen Elektricität statt finden. Es ›ch auſserdem ein sehr triftiger Grund vorhanden, die de Bewegung des Wassers im Fuſse der Tromben ewegung der Wellen zurückzuführen, denn beide ı Höhe und Umfang ab, sobald die Tiefe des Was- mt, wie sich sowohl im Allgemeinen aus den Be- en entnehmen läſst, als auch von Michaud (§. 13) h erwähnt wird.

ıch lassen sich also durch Vereinigung beider Hy- die bisher auf nicht verwerfliche Gründe gestützt Wettersäulen aufgestellt wurden, auch diese Meteore enügend erklären, als dieses bei den Erscheinungen billig gefordert werden darf, ohne in alle Einzel- ıngehn, was nach den vorausgehenden ausführlichen gen hier unnöthig seyn dürfte.

M.

W i d e r s t a n d.

erstand der Mittel; *Resistentia me-* Résistance des milieux; *Resistance.*

dem Namen *Widerstand* begreift man in der Me- ı das, was der Wirkung irgend einer Kraft entge- nd dadurch dieselbe in ihrer Gröſse oder Richtung o leistet die Unterlage (*Hypomochlium*) des Hebels ıg der an ihm angebrachten Gewichte Widerstand; so ı bei dem Zerbrechen oder Zerreiſsen der Körper lerstand, der von dem Zusammenhange ihrer Ele- ın der Attraction abhängt, mit welcher die klein- : der Körper sich gegenseitig anziehn u. s. w. Ue- ttere Art des Widerstandes hat schon Galilei sinn- achtungen angestellt, die dann später mehr ausgebil- ı von Mariotte, Leibnitz, Varignon, Mus- ck[1] und in den neuesten Zeiten von Brewster,

ert. phys. Lugd. Bat. 1729.

Coulomb, Eytelwein u. A., wie bereits ausführlicher
worden ist[1]. Hier aber handelt es sich, wie schon di
schrift des Artikels sagt, um denjenigen Widerstand,
feste Körper erfahren, wenn sie sich, nicht im leeren
sondern in der Luft, im Wasser oder in sonst einer
keit bewegen. Bei einer solchen Bewegung muſs näm
feste Körper die auf seinem Wege liegenden Theile
sigen Körpers, in welchem er sich bewegt, aus de
treiben, wodurch der Kraft, die ihn bewegt, entgege
wodurch also auch die Geschwindigkeit und selbst d
tung dieser Bewegung geändert wird.

Dieser Widerstand kann eine bloſse Folge der
der einzelnen Theile der Flüssigkeit seyn, in welcher
Körper bewegt, welche Theile nämlich, um aus ihr
gebracht zu werden, eine gewisse Kraft erfordern, d
da sie von dem bewegten festen Körper kommt, fü
gentliche Bewegung dieses festen Körpers verloren g
kann aber auch noch überdieſs eine Folge des *Zusam*
dieser einzelnen Theile der Flüssigkeit seyn, da di
Zweifel auch eine Attraction gegen einander äuſsern,
Theile der festen Körper, wenn auch nur eine weit g
so daſs also der in einem widerstehenden Mittel beweg
per nicht nur die einzelnen Atome dieses Mittels v
Stelle bringen, sondern auch noch die Attraction dies
aufheben oder das flüssige Mittel im eigentlichen Si
Wortes zerreiſsen oder zerbrechen muſs.

Newton[2], der die hierher gehörenden Untersuchun
erst mit dem ihm eigenen Scharfsinn behandelt hat,
zu dem Resultate, daſs bei den in der Natur statt
Bewegungen der Körper in widerstehenden Mitteln
derstand sich wie das Quadrat der Geschwindigkeit
wegten Körpers verhalte.

Wir sind über die Richtigkeit dieses Resultats,
mühungen der gröſsten Geometer ungeachtet, nicht
weiter gekommen, als Newton. Wir wissen nur,
Widerstand, welchen vorzüglich die Luft den in ihr b
Körpern entgegensetzt, von der Dichte dieses Mittels,

1 S. Art. *Cohaesion*. Bd. II. S. 148.
2 Principia Philos. nat. Lib. II.

Digitized by Google

des bewegten Körpers und von der Geschwindigkeit Bewegung abhängt, und daſs man in den meisten Fällen n den wirklichen Beobachtungen abweichende Resultate hnung erhält, wenn man den Widerstand dem Quadrate chwindigkeit proportional setzt, obgleich man nichts Bes- substituiren weiſs, da alle andere Voraussetzungen, die her versucht hat, noch viel mehr von der Erfahrung en. Unsere Theorie des Widerstandes ist daher noch ollkommen und wird es, wie es scheint, auch noch ge bleiben, da die ungleiche Dichtigkeit der Luft- und die stetigen Veränderungen derselben den Beob- sowohl, als auch den Berechnungen derselben groſse keiten entgegensetzen.

hat anfänglich geglaubt, daſs sich diese Theorie am ittelbar aus derjenigen entwickeln lassen werde, die den Stoſs der harten und der elastischen Körper auf- st. Nennt man M und C die Masse und die Ge- keit eines ersten und m, c die Masse und Geschwin- es zweiten Körpers, und nimmt man an, daſs sie derselben geraden Linie und in derselben Richtung so daſs m der vorangehende und M der folgende, das Product M C gröſser, als m c ist, so hat man [1], e Körper vollkommen *unelastisch* sind, für die Ge- keit x beider Körper nach dem Stöſse

$$x = \frac{MC + mc}{M + m},$$

emnach, nach dem Stoſse, die beiden Körper mit gemeinschaftlichen Geschwindigkeit x fortgehn. Be- ch beide Körper nach entgegengesetzten Richtungen, man in dem Ausdrucke für x die Gröſse c negativ War der zweite Körper vor dem Stoſse in Ruhe, so . Ist die Masse M des ersten Körpers gegen die des endlich groſs, so ist m = 0 und daher x = C.

man endlich die durch den Stoſs hervorgebrachten ngen *der Geschwindigkeiten*, so sind diese bei dem rper

$$C - x = m \cdot \frac{C - c}{M + m}$$

[1] vgl. Art. *Stoſs*. Bd. VIII. S. 1067.

und bei dem zweiten

$$x - c = M \cdot \frac{C - c}{M + m}$$

und die Division der beiden letzten Gleichungen gi

$$m(x - c) = M(C - x).$$

Anders verhält sich die Sache bekanntlich für v *elastische* Körper. Behält man wieder die frühere nungen bei und läſst, wie zuvor, m den vorangeh per und $MC > mc$ seyn, so hat man, wenn beide l derselben Richtung fortgehn, für die Geschwindigke Stoſse

$$\left.\begin{array}{ll} \text{bei dem ersten Körper} & V = 2x - C \\ \text{und bei dem zweiten} \;\ldots & v = 2x - c \end{array}\right\}.$$

wo x die alte Bedeutung hat, oder wo der Werth eine bloſse Hülfsgröſse betrachteten Gröſse

$$x = \frac{MC + mc}{M + m}$$

ist. Aus diesen beiden Gleichungen folgt

$$v - V = C - c,$$

so wie

$$C - V = 2(C - x)$$

und

$$v - c = 2(x - c).$$

Man sieht daher, daſs man für die Veränderung schwindigkeiten der Körper vor und nach dem St unelastischen Körpern

$$C - x \text{ und } x - c$$

und bei vollkommen elastischen

$$2(C - x) \text{ und } 2(x - c).$$

Da die Körper, wie wir sie in der Natur kennen ben, weder vollkommen unelastisch, noch auch voll stisch sind, so wird man also für die natürliche Veränderungen ihrer Geschwindigkeiten nach dem

$$\lambda.(C - x) \text{ und } \lambda.(x - c)$$

setzen, wo λ irgend einen Bruch bezeichnet, der z beiden Zahlen 1 und 2 liegt. Wäre z. B. bei ge pern die von der Elasticität herrührende Aenderung groſs, als sie bei vollkommen elastischen Körpern i

Digitized by Google

= ½ setzen. Für Bleikugeln wird man, da dieses Me- sehr wenig elastisch ist, λ auch wenig gröſser, als 1, Kugeln von Elfenbein, die bekanntlich sehr elastisch nur wenig kleiner als 2 setzen u. s. w.

ſelben zwei Gleichungen (I) geben noch, wenn man durch M und die andere durch m multiplicirt und addirt,

$$MV + mv = 2(M + m)x - MC - mc,$$

man hierin den vorhergehenden Werth von x sub-

$$MV + mv = MC + mc \quad \ldots \quad (II).$$

aber das Product der Maſse eines Körpers in seine digkeit die *bewegende Kraft* dieses Körpers. Die (II) sagt daher, daſs die Summe der bewegenden zweier Körper vor und nach dem Stoſse einander gleich findet man, wenn man von den Gleichungen (I) durch MV und die zweite durch mv multiplicirt und addirt,

$$MV^2 + mv^2 = MC^2 + mc^2 \quad \ldots \quad (III)$$

das Product der Maſse eines Körpers in das Qua- Geschwindigkeit die *lebendige Kraft* des Körpers folgt aus der Gleichung (III), daſs die Summen der Kräfte zweier Körper vor und nach dem Stoſse un- gleich seyn müſsen, vorausgesetzt, daſs die Körper elastisch sind, denn bei unelastischen ist dieses der Fall, da bei diesen durch den Stoſs immer ein lebendigen Kraft verloren geht.

den Fall, daſs die Maſsen beider Körper gleich groſs daſs M = m ist, geht die vorhergehende Glei-

$$x = \frac{MC + mc}{M + m}$$

einfache über:

$$2x = C + c,$$

dieſem Werthe von 2x geben die Gleichungen (I):

$$V = c \text{ und } v = C.$$

Fall gleicher Maſsen verwechseln demnach die voll- elastiſchen Körper ihre Geschwindigkeiten durch den wenn einer der beiden Körper vor dem Stoſs in

Ruhe war, so wird nach dem Stoſse der andere in Ruhe ben und der erste wird die ursprüngliche Geschwindigke andern annehmen.

Hat man demnach eine Reihe von vollkommen elasti Kugeln, die alle dieselbe Masse haben, in einer geraden aufgestellt, und bewegt sich von diesen Kugeln bloſs die in der Richtung dieser geraden Linie und mit der Gesc digkeit C, so wird diese erste Kugel in dem Augenblick sie die zweite ruhende trifft, durch ihren Anstoſs an diese Kugel in Ruhe versetzt, und die zweite wird dafür d Geschwindigkeit C erhalten, mit welcher sie fortgehn u dritte Kugel treffen wird. Im Augenblicke des Stoſs zweiten Kugel auf die dritte wird die zweite in Ruh dafür die dritte in Bewegung mit der Geschwindigkeit setzt, und so fort, bis auf die letzte dieser Kugeln, d mit derselben Geschwindigkeit C ungehindert fortgeht Nach allen diesen Stöſsen, welche die Kugeln eine n andern erleiden, werden also alle Kugeln, bis auf die l Ruhe seyn, und diese letzte wird dafür diejenige Gesch keit haben, welche vor diesen Stöſsen die erste Kug Da dieses Resultat ganz unabhängig ist von den Zw räumen, welche diese Kugeln anfänglich trennten, so offenbar auch dann noch gelten, wenn diese Zwisch ganz verschwinden, oder wenn sie alle, bis auf die unmittelbarer Berührung unter einander stehn und i Zustande von der bewegten ersten Kugel getroffen Dann wird nämlich diese erste Kugel im Augenblick, die zweite berührt, in Ruhe versetzt, und auch alle Kugeln werden in ihrer Ruhe verbleiben, ausgenom allerletzte von der Reihe, die sich allein von dieser R lösen und mit der Geschwindigkeit, welche die ers vor dem Stoſse hatte, ihren Weg weiter fortsetzen w Satz, von dessen Richtigkeit man sich auch sehr l eine praktische Weise, z. B. auf dem Billard, versichern wenn er nicht schon durch die vorhergehenden Schlü jeden Zweifel erhoben wäre.

Mit diesen Erscheinungen bei dem Stoſse der Körp man nun diejenigen verbinden oder sie ihnen assimili bei der Bewegung der festen Körper in widerstehenden statt haben, indem man sich vorstellte, daſs der feste

Digitized by Google

nd seiner Bewegung die Theilchen, aus welchen das
stehende Mittel (Luft, Wasser u. dgl.) besteht, gleich-
ne sich herstoſse. Nehmen wir, um die Art dieser Ver-
g näher zu zeigen, an, daſs der feste Körper ein gera-
ylinder mit kreisförmiger Basis sey, der sich in der Rich-
ner Länge bewegt. Sey ω die Fläche seiner Basis und
Masse des Cylinders, so wie ϱ die Dichtigkeit des wi-
nden Mittels, in welchem sich dieser Cylinder bewegt.
de der Zeit t sey ν die Geschwindigkeit und x die Di-
er vorderen Basis des Cylinders von einem festen Puncte,
Linie der Bewegung des Cylinders oder in der Richtung
e dieses Cylinders gemessen. Diesem gemäſs hat man,
n ersten Vorschriften der Mechanik,

$$\partial x = \nu . \partial t.$$

Augenblicke ∂t durchläuft die erwähnte Basis des Cy-
den Weg ∂x, wobei also der Cylinder an alle die
e des Mittels anstoſsen wird, die in einer Schrittfläche
n sind, deren Basis ω, deren Höhe ∂x und deren Masse
$\omega \partial x$ ist. Betrachtet man nun alle diese Elemente als
nd ohne Einwirkung auf die sie zunächst umgebende
it, so wird man, nach dem Vorhergehenden, für die
ung der bewegenden Kraft, die der Cylinder während
∂t durch den Widerstand des Mittels erfahren hat, das
seiner Geschwindigkeit ν in die gestoſsene Masse des
$\omega \partial x$, also das Product $\nu . \varrho \omega \partial x$ annehmen, wenn
stehende Mittel unelastisch ist, oder das Doppelte
öſse, d. h. $2\nu . \varrho \omega \partial x$, wenn das Mittel als ein voll-
elastisches angesehn wird.

n hat gefunden, daſs der erste Werth $\nu \varrho \omega \partial x$ besser
Experimenten, die man über den Widerstand angestellt
reinstimmt, als der zweite. Nimmt man also jenen als
en an, und bemerkt man, daſs das Product $m . \partial \nu$ der
e Ausdruck der Aenderung der bewegenden Kraft ist,
die Masse m, die mit der Geschwindigkeit ν fortgeht,
so hat man die Gleichung

$$m \partial \nu = - \nu \varrho \omega \partial x,$$

n man für ∂x seinen Werth $\nu \partial t$ substituirt,

$$m . \frac{\partial \nu}{\partial t} = - \varrho \omega \nu^2,$$

es ist daher, unter jenen Voraussetzungen, die be-

wegende Kraft, die von dem Widerstande des Mittels
wenn die Oberfläche des in diesem Mittel bewegten
eine Ebene ist, die senkrecht auf die Richtung dieser
gung steht. Dieser Widerstand ist also, wie die letz
chung zeigt, der Dichte ϱ des Mittels, der Oberfläche
welcher der Widerstand ausgeübt wird, und endlich d
drate der Geschwindigkeit proportional. Nennt man h d
die dieser Geschwindigkeit v für im freien Raume
Körper zugehört, so hat man, wenn g (nahe 30,196 F
die Schwere bezeichnet[1],

$$v^2 = 2gh.$$

Unsere vorhergehende Gleichung wird daher seyn

$$m.\frac{\partial v}{\partial t} = -2g\varrho\omega h$$

und daraus folgt, daſs der gesuchte Widerstand der F
gleich ist dem *Gewichte* eines aus dieser Flüssigkeit
Cylinders, dessen Basis jene auf die Richtung der
senkrechte Ebene und dessen Höhe gleich der doppe
ist, durch die ein Körper im leeren Raume fallen m
diese Geschwindigkeit v zu erlangen. Das Gewicht e
pers ist nämlich nach dem, was oben[2] gesagt w
gleich dem Producte der Schwere g in die Masse m
pers. Ist aber ϱ die Dichtigkeit dieser Masse und k
lumen des Körpers, so ist bekanntlich $m = \varrho k$, als
das Gewicht eines Körpers gleich $g.m = g\varrho k$,
dem obigen Ausdrucke $2g\varrho\omega h$ gleich gesetzt giebt
woraus der so eben ausgesprochene Satz unmittelb
geht.

Ist die Richtung der Bewegung nicht genau se
die Ebene, welche den Widerstand erfährt, so zerle
Geschwindigkeit des Körpers in zwei andere, von w
eine senkrecht und die andere parallel zu dieser
Die parallele Geschwindigkeit kann höchstens eine
Reibung in dieser Ebene hervorbringen, und von d
bung wird in dieser Theorie des Widerstandes

---

1 S. Art. *Fall der Körper*. Bd. IV. S. 6, wo aber da
brauchte g nach der in den neuern Schriften über Mechanik
ten Bezeichnung doppelt genommen werden muſs.

2 S. Art. *Gewicht*. Bd. IV. S. 1487.

Digitized by Google

...net man alſo durch n den Winkel, welchen eine auf die ...e ω geſtellte Normale mit der Richtung der Geſchwin... ...v macht, ſo wird unſere obige Gleichung in folgende ...:

$$m.\frac{\partial v}{\partial t} = - \varrho \omega v^2. \text{Cos.}^2 n,$$

...s iſt die Grundgleichung, aus welcher man, wie ... zuerſt verſucht hat, die geſammte Theorie des Wi... ...der luftförmigen ſowohl, als auch der tropfbaren ...ten abzuleiten pflegt. Um hier wenigſtens den Weg ...e Entwickelung zu zeigen, wollen wir die Bewegung ...ſtehenden Mittel von einem Körper betrachten, der ... Rotation einer krummen Linie ADB um ſeine Axe Fig. 190. ...anden iſt. Iſt CD und PM ſenkrecht auf dieſe ...zt man CP = x und PM = y und iſt die Ordinate ... durch den Anfang der Coordinaten C geht, zugleich ...e aller Ordinaten der Curve ADB, ſo wird, wenn ...gung dieſes Körpers in der Richtung von B nach A ..., derjenige Theil der Oberfläche des Körpers dem Wi... der Flüſſigkeit ausgeſetzt ſeyn, welcher dem Theile ...r erzeugenden Curve entſpricht. Sei ∂s das Element ...s dieſer Curve für irgend einen Punct M derſelben, ...

$$\text{Cos.}\, n = \frac{\partial y}{\partial s}$$

... Coſinus des Winkels, den die Normale in dieſem ...M mit der Axe der x, das heiſst, mit der Richtung der ...g bildet, und dieſer Winkel wird derſelbe bleiben für ...te der Zone, die durch die Rotation des Elements ∂s ... Rotationsaxe AB entſtanden iſt. Die Oberfläche dieſer ... aber gleich $2\pi y \partial s$, und jedes Element dieſer Zone ...er einen auf dieſes Element ſenkrechten Widerſtand ... der gleich iſt dem Producte dieſes Elements in die ...v^2 Cos.$^2 n$. Zerlegt man dieſe Kraft in zwei andere, ...hen die eine ſenkrecht und die zweite parallel zu der ...B iſt, ſo iſt klar, daſs von jenen ſenkrechten Kräften ...er zwei gegenſeitig aufheben. Von den parallelen ... aber wird jede gleich ſeyn der vorigen auf das Ele...malen Kraft ϱv^2 Cos.^{2} n, multiplicirt in denſelben Co...n n, und die Summe aller dieſer mit der Axe paral...

lelen Kräfte ist daher gleich der Oberfläche $2\pi y \partial s$ de
wähnten Zone, multiplicirt in die Gröſse ϱv^2 Cos.^{3}n. N
man daher ∂W den Widerstand, welchen diese Zone vo
Flüssigkeit erfährt, so ist

$$\partial W = 2\pi\varrho v^2 . y \partial s \text{ Cos.}^3 n,$$

oder da $\text{Cos.} n = \frac{\partial y}{\partial s}$ war,

$$\partial W = 2\pi\varrho v^2 . \frac{y \partial y^3}{\partial s^2}.$$

Um daraus den gesuchten Totalwiderstand W des ganzen
pers zu erhalten, wird man, wenn CD = a ist, den
Ausdruck von y = 0 bis y = a integriren, so daſs man
nach hat

$$W = 2\pi\varrho v^2 . \int_0^a \frac{y \partial y^3}{\partial s^2} \quad . \; . \; . \quad (A)$$

Wenn der Körper eine Kugel ist, so ist C ihr Mittelpu
die Gröſse a ihr Halbmesser. Nennt man dann Θ den
MCA, so hat man

$$y = a \text{ Sin.} \Theta; \quad \partial y = a \partial \Theta \text{ Cos.} \Theta \text{ und } \partial s = a \partial($$

so daſs daher der gefundene allgemeine Ausdruck für W
folgenden übergeht:

$$W = 2\pi\varrho v^2 a^2 . \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \text{Cos.}^3 \Theta \text{ Sin.} \Theta . \partial \Theta .$$

Es ist aber

$$\int \text{Cos.}^3 \Theta \text{ Sin.} \Theta . \partial \Theta = \tfrac{1}{4} \text{Sin.} 4 \Theta + C,$$

wo C die Constante der Integration bezeichnet. Für Θ
dieses Integral gleich C, und für $\Theta = \frac{1}{2}\pi = 90°$ ist
gleich C + $\frac{1}{4}$, also ist auch

$$\int_0^{\frac{1}{2}\pi} \text{Cos.}^3 \Theta \text{ Sin.} \Theta \, \partial \Theta = \tfrac{1}{4}$$

und daher der gesuchte Widerstand bei der Kugel vom
messer a

$$W = \tfrac{1}{2}\pi\varrho a^2 v^2.$$

Für den Widerstand W' des dieser Kugel umschriebe
linders hatten wir oben den Ausdruck erhalten

$$W' = \varrho \omega v^2,$$

Digitized by Google

die Basis dieses Cylinders, also $\omega = \pi a^2$ ist. Man hat

$$\frac{W}{W'} = \frac{\frac{1}{2}\pi a^2}{\omega} = \frac{1}{2},$$

Widerstand der Kugel ist nur die Hälfte des Wider-
, welchen der erwähnte Cylinder erleidet, wenn er sich
Richtung seiner Axe und mit derselben Geschwindigkeit,
Kugel, bewegt.

ersten Versuche, die Theorie des Widerstandes be-
hat Newton in seinen Principien aufgestellt, so wie
zuerst die Bewegung der Körper unter der Bedingung
men gesucht hat, wenn die auf sie wirkenden Kräfte
der Geschwindigkeiten sind, ein Fall, der, wie man
Vorhergehenden sieht, bei der Lehre vom Widerstande
statt hat. Er verglich auch die Resultate seiner
mit unmittelbaren Versuchen, indem er die Zeit beob-
während welcher eine Kugel in der Luft durch eine
he fallt, wobei er aber fand, daſs man, um zwischen
nung und der Beobachtung eine Uebereinstimmung zu
den vorigen Werth von W nahe um seine Hälfte
nehmen müsse, was allerdings für diese Theorie nicht
ig war. - Newton[1] fand nämlich unter dieser Vor-
des halben Werthes von W folgende Abweichun-
wahren Fallhöhe von 220 engl. Fuſs bei mehrern
Glaskugeln:

I	Experiment	6	Fuſs	11	Zoll
II	—	10	—	9	—
III	—	7	—	10	—
IV	—	4	—	5	—
V	—	5	—	5	—
VI	—	10	—	7	—.

chneten Höhen waren zu groſs.

etwas genauer stimmen, unter derselben Voraus-
die Versuche, welche im J. 1719 Desaguliers mit
Kugeln von Schweinsblasen angestellt hat, überein. Er fand
bei einer Fallhöhe von 272 Fuſs, folgende Abwei-
der Rechnung von der Beobachtung:

Princip. Phil. nat. L. II. prop. 40.

I Experiment	0 Fuſs	1 Zoll	zu klein
II —	0 —	$10\frac{1}{2}$ —	zu groſs
III —	0 —	7 —	- —
IV —	5 —	4 —	- —
V —	10 —	0 —	- —

Wie viel dabei der Widerstand der Luft beträgt, sieht m aus, daſs jene ersten Kugeln in Newton's Experim leeren Raume während 8 Secunden durch nahe 1000 Fuſ fallen sollen, da sie doch in der Luft nur durch höchstens durch 230 Fuſs gefallen sind. Noch gröſser Unterschied bei Desaguliers' Versuchen, dessen Kug 20 Secunden durch eine Höhe von 272 Fuſs in der fallen sind, da sie doch im leeren Raume während di durch 6039 Fuſs hätten fallen müssen.

Späteren Versuchen mit dem Pendel zufolge fing an der Richtigkeit seiner Theorie des Widerstandes sonders an der Wahrheit seiner bis dahin aufgestellte these, daſs der Widerstand dem Quadrate der Geschw proportional sey, zu zweifeln an. Er neigte sich zu sicht hin, daſs der Widerstand, dessen Gesetz er so sucht hatte, wenigstens zwei Ursachen habe, von we die eine jenem Gesetze, die zweite aber einem gan folgen müsse. Am Ende sah er sich veranlaſst, die tersuchung fallen zu lassen.

In unseren Zeiten hat besonders Borda die Newton's wieder aufgenommen und gefunden, daſs druck

$$W = \tfrac{3}{10}\,\pi\,\varrho\,a^2 v^2$$

den Beobachtungen am besten entspreche. Nennt n Dichte der Kugelmasse, so ist diese Masse selbst multiplicirt in das Volumen $\frac{4}{3}a^3\pi$ der Kugel oder = Dividirt man aber die Gröſse W durch diese Masse man f die accelerirende Kraft, die daraus entspring man, wenn man den Werth von W nach Borda ni

$$f = \tfrac{9}{40} \cdot \frac{\varrho v^2}{D a} = 0{,}225\,\frac{\varrho v^2}{D a} \quad . \; . \; . \quad (B)$$

Es ist merkwürdig, daſs Lombard, einer der vorz Schriftsteller über die Ballistik, aus seinen zahlreichen

Digitized by Google

ngestellten Versuchen über die Tragweite der Kanonen- ganz auf denselben Werth $\frac{9}{40}$ dieses Coefficienten von f ist, während Newton's oben gefundener Ausdruck

$$W = \frac{1}{2} \pi \varrho a^2 v^2$$

letzte Gleichung

$$f = \frac{3}{8} \cdot \frac{\varrho v^2}{Da} = 0{,}375 \cdot \frac{\varrho v^2}{Da}$$

mehr als die Hälfte gröſser giebt.

obige Gleichung (A) giebt auch zugleich ein Mittel, Rotationskörpern denjenigen zu bestimmen, der, in sigkeit bewegt, den kleinsten Widerstand erleidet. rper wird nämlich derjenige seyn, für welchen das

$$\int_0^a \frac{y \partial y^3}{\partial s^2}$$

imum ist. Die Auflösung dieses Problems gehört in iet der *Variationsrechnung*. Hier wird es genügen, rken, daſs die krumme Linie, durch deren Rotation chte Körper des kleinsten Widerstandes entsteht, er- ird, wenn man aus folgenden beiden Gleichungen, in a und b zwei willkürliche Constanten bezeichnen, die $= \frac{\partial y}{\partial x}$ eliminirt:

$$x = \frac{1}{4} a \left[\frac{3}{4p^4} + \frac{1}{p^2} + 1 + \text{Log.}\, p \right] + b,$$

$$y = \frac{a(1 + p^2)^2}{2p^3}.$$

wton hat in seinen Principien die Auflösung dieses , aber nicht das Mittel, zu dieser Auflösung zu ge- mitgetheilt. Es war dieses der erste Fall, wo eine dieser Art aufgelöst wurde, für welche später, da sie ne Art von Rechnung begründen, der Variationscalcül t worden ist.

ganze vorhergehende Theorie des Widerstandes be- e man sieht, auf einer sehr willkürlichen und unbe- Vergleichung der Wirkung, welche eine Flüssigkeit in ihr bewegten Körper ausübt, mit dem Stoſse, wel- ei oder mehrere Körper bei ihrer Begegnung erleiden.

Am wenigsten wird bei dieser Vergleichung die Hypothe
zuhalten seyn, daſs bei dem Begegnen des festen Kör
den Elementen der Flüssigkeit diese Elemente *isolirt*
Körper wirken, da sie doch gewiſs auch zugleich
selbst einen gegenseitigen Einfluſs ausüben müssen,
aber jene Theorie keine Rücksicht nimmt. Daher mag
auch kommen, daſs die Resultate der Rechnung mit
über angestellten Experimenten so wenig übereinstimme
Zweifel ist der Widerstand, den ein fester Körper, d
einer Flüssigkeit bewegt, von dieser letztern erleidet,
mengesetzt aus den Pressungen, welche die Flüss
den ganzen bewegten Körper ausübt, und aus den inn
wegungen und Reibungen, die durch das Auswei
Flüssigkeiten der Oberfläche des Körpers und durch d
nung derjenigen Theile der Flüssigkeit, zwischen w
der feste Körper hineindrängt, entstehn, so daſs es
einer wahren Theorie des Widerstandes nöthig seyn
gleicher Zeit die Bewegungen des festen Körpers und
durch erzeugten Bewegungen der Flüssigkeit selbst z
sichtigen. So viel uns bekannt, haben Poisson und C
bisher die einzigen Versuche gemacht, die Theorie de
standes auf diese Weise zu bestimmen. Poisson hat s
trachtungen über diesen interessanten Gegenstand in e
nen Aufſatze *sur les mouvemens simultanés d'un p*
de l'air environnant in den Mém. de l'Académie d
ces Vol. XI. gegeben, und Coulomb's Arbeiten finde
dritten Bande der Mémoires de l'Institut de Paris.
den letzten hier nur das Vorzüglichste kurz mitzutheil
sen wir zuerst das Instrument erklären, welches Cou
seine Versuche ausgedacht hat.

Fig. 191. Sey CD z. B. ein cylindrisches, oben offenes Ge
zum Theil mit der zu untersuchenden Flüssigkeit g
Zwei kreisförmige dünne Scheiben p und r seyen
durch ihren Mittelpunct auf ihre Ebenen senkrecht s
Axe AB verbunden, und der obere Theil m dieser A
durch einen feinen Metallfaden mn verbunden, der w
seinem obersten Theile n, z. B. in der Decke des Zim
festigt ist. Die obere Scheibe p ist an ihrem Rande i
Theile getheilt, und die Wand des Gefäſses trage ein
pq, der in q an die Wand befestigt ist und mit seinem

Digitized by Google

p die Peripherie der oberen Scheibe berührt. Wird nun Apparat der beiden Scheiben in das Innere des Gefäſses t eingesenkt, daſs die untere Scheibe r in der Flüssig- lie obere aber über der Flüssigkeit steht, dreht man die Scheibe sanft um ihre Axe A m n und überläſst sie dann lbst, so wird die obere, also auch zugleich die untere ur fest verbundene Scheibe, wegen der Torsion des dens m n, Oscillationen nach zwei entgegengesetzten gen machen, und man wird, mittels des Index p q, von Zeit die Abnahme der Amplitüde dieser Oscillationen eobachten können.

ist klar, daſs bei diesen Versuchen derjenige Theil erstandes, der von dem Drucke der Flüssigkeit auf wegten festen Körper, also gleichsam nur von der r der aus ihrer Stelle verdrängten Flüssigkeit herrührt, indet, da hier in der That gar kein Theil der Flüs- verdrangt wird, und daſs also nur der oben erwähnte Theil des Widerstandes übrig bleibt, der aus der Co- der Elemente der Flüssigkeit entspringt. Indem nun s eine groſse Anzahl solcher Beobachtungen der Rech- terwarf, gelangte er zu den drei folgenden Resul-

Derjenige Widerstand, der bloſs aus der Cohäsion der Elemente unter sich entspringt, verhält sich, wie die nz der Geschwindigkeit, und dieser Widerstand ist ängig von der Natur der Oberfläche des bewegten und endlich auch III. unabhängig von dem Drucke, die Flüssigkeit erleiden mag. Daraus wird demnach daſs der Totalwiderstand, den ein in einer Flüssigkeit Körper von dieser Flüssigkeit erfährt, aus zwei Thei- ht, von welchen der eine der ersten und der andere en Potenz der Geschwindigkeit proportional ist. Be- wir noch, daſs der erste dieser Theile bei nicht zähen cosen) Flüssigkeiten nur dann merkbar wird, wenn hwindigkeit der Rotation der Scheibe sehr klein ist, im Gegentheile für groſse Geschwindigkeiten ver- t, so daſs für sehr schnell bewegte Körper der Wi- dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional ange- werden kann.

Wir haben oben die accelerirende Kraft f des Wi des für Kugeln

$$f = \frac{\lambda . \varrho v^2}{D r}$$

gefunden, wo r den Halbmesser der Kugel bezeichnet, demnach die *bewegende Kraft* dieses Widerstandes gl

$$m f = \tfrac{4}{3} \lambda \pi \varrho . v^2 . r^2$$

seyn wird, indem die Masse des Körpers gleich dem multiplicirt in die Dichte desselben, also $m = \frac{4}{3} \pi D r^3$ D und ϱ die Dichte des festen und des flüssigen Kö zeichnen.

Diese Eigenschaft aber, daſs der Widerstand, un gens gleichen Umständen, sich wie das Quadrat des sers der verschiedenen Kugeln verhalte, läſst sich nicht per von anderer Gestalt anwenden, wo dieses Gesetz sammengesetzter erscheint. Aber auch die andern Er gen der Bewegung fester Körper in flüssigen sind, na LOMB's Versuchen, vielen und groſsen Anomalien un besonders wenn diese Bewegung sehr schnell ist u die Flüssigkeit, wie dieses gewöhnlich bei Beobach Gefäſsen der Fall ist, in einen verhältniſsmäſsig nur Raum eingeschlossen wird. Eine besonders wichtige wäre die auf die Erhebung der Flüssigkeit *vor* un Vertiefung derselben *hinter* dem bewegten Körper, tiefung, die bei einer sehr schnellen Bewegung, und feste Körper in die Flüssigkeit ganz eingetaucht ist, einen leeren Raum übergehn kann, den der Körper Bahn zunächst hinter sich auf einen Augenblick zu Allein diese Rücksicht ist nicht leicht dem Calcül terwerfen, und es wird überhaupt wohl noch se dauern, bis wir mit diesem Gegenstande ins Reine was man um so mehr beklagen muſs, da beinahe all Versuche in solchen widerstehenden Mitteln gemacht w daſs die Physiker noch jetzt in derselben peinlichen L wie früher die Astronomen zu der Zeit, als ihnen di der astronomischen Refraction noch unbekannt waren, doch alle ihre Beobachtungen, da sie in der Luft gema den, von dieser Refraction entstellt waren.

Auch das Gesetz des Widerstandes für Cylinder,

Digitized by Google

[...]r Richtung ihrer Axe in der Flüssigkeit bewegen, wel-[...]setzt wir oben durch die Gleichung

$$m.\frac{\partial v}{\partial t} = -2g\varrho\omega h$$

[...]ckt haben und welches lange Zeit als der Wahrheit [...]en gemäſs beinahe allgemein angenommen wurde, [...]och nichts weniger als genau mit den darüber ange-[...]xperimenten überein. Man hat nämlich bemerkt, daſs [...] *Länge* dieser Cylinder von einem wesentlichen Ein-[...] den Widerstand ist, und daſs derselbe oft sehr stark [...] wird, wenn nicht bloſs die vordere, sondern auch die [...]sis eines solchen Cylinders auch nur eine sehr geringe [...] in ihrer Gestalt erhält, was ohne Zweifel wieder [...]levation der Flüssigkeit vor und der Depression nach [...]egten Körper in einigem Zusammenhange steht, wie [...] schon längst bekannt ist, daſs nicht bloſs die Vor-[...] sondern auch die Hintertheile der Schiffe eine be-[...]Form haben müssen, wenn sie gut und schnell segeln [...]

[...] wir auf diese Weise von dem Widerstande solcher [...]die sich mit einer vorderen *ebenen* und *senkrecht* auf [...]e stehenden Fläche bewegen, noch so wenig Ver-[...]nführen können, so wird man über den Widerstand, [...] Flächen erleiden, noch kaum eine Frage aufstel-[...]. In der That haben sich alle Hypothesen, die man [...] Flächen bisher aufgestellt hat, als durchaus unzu-[...]wiesen. Alles, was man über sie bisher gefunden hat, [...] den beiden Sätzen, die man übrigens ohne Experi-[...] ohne alle gelehrte Theorie auch hätte errathen kön-[...] *nämlich* erstens eine gegen die Richtung der Bewe-[...]efe oder geneigte Ebene einen um so geringeren Wi-[...]rfährt, je kleiner die Neigung der Ebene gegen die [...]der Bewegung ist, und zweitens, daſs der Wider-[...]r concaven Fläche gröſser ist, als der einer con-[...]

[...] über den Einfluſs der hinteren Fläche des bewegten [...]f den Widerstand hat Coulomb interessante Versu-[...]ellt. So fand er z. B., wenn er den Widerstand für [...] Kugel gleich 60 annahm, für den Widerstand einer

Halbkugel, wenn die convexe Seite bei der Bewegung geht, nur 58, aber wenn die convexe Seite die hin nahe das Doppelte oder 129; für einen Kegel, dess ein Kreis von demselben Halbmesser mit jenem der H fand er auch den Widerstand gleich 60, wie bei der Kug er mit der Spitze voraus sich bewegt, aber nahe 140, Basis des Kegels vorausgeht, u. s. w.

Wenn ein Körper um irgend eine seiner Axen n Seiten symmetrisch gestaltet ist, und wenn er sich Richtung dieser Axe in einer Flüssigkeit bewegt, so Widerstand, welchen ihm die Flüssigkeit entgegens eine mittlere Kraft zurückgebracht werden können, d tung offenbar auch in dieser Axe des Körpers liegen W dieser Widerstand der Flüssigkeit und m die Mas ihm bewegten festen Körpers, so wird die aus diesem stande entstehende accelerirende Kraft f seyn

$$f = \frac{W}{m}.$$

Wenn der Körper in senkrechter Richtung auf die F fällt, so wird der Widerstand, den er erfahrt, da der Wirkung der Schwere g entgegengesetzt ist, g — f se solche Körper aber, die in der Flüssigkeit senkrecht a wird im Gegentheile die ganze accelerirende Kraft ne gleich —(g + f) seyn. Der Widerstand W selbst aber bereits gesagt, von der Geschwindigkeit v, von der G der Dichtigkeit D des festen Körpers und endlich auc Dichtigkeit ϱ der Flüssigkeit auf irgend eine Weise seyn. Es ist schwer, diese Weise für alle Fälle, die kommen können, genau zu bestimmen, besonders sch die Abhängigkeit der Gröſse W von der Geschwindigk zugeben. Nimmt man indeſs mit den meisten Schr über diesen Gegenstand an, daſs der Widerstand sich Quadrat der Geschwindigkeit verhalte, so wird man

$$W = \lambda \varrho v^2$$

setzen können, wo λ ein Coefficient ist, welcher von und Dichtigkeit des festen Körpers und von der D und vielleicht auch der Temperatur der Flüssigkeit abhan

Ist der feste Körper eine Kugel vom Halbmesser das Volumen derselben

Digitized by Google

$$V = \tfrac{4}{3} r^3 \pi$$

a die Masse jedes Körpers gleich dem Producte seines es in seine Dichte D ist,

$$m = \tfrac{4}{3} \pi . D r^3,$$

durch geht der obige Ausdruck für f in den folgenden

$$f = \frac{W}{m} = \frac{3 \lambda \varrho v^2}{4 \pi D r^3}$$

dlich, da bei der Kugel der Coefficient λ der Ober- er Kugel oder dem Quadrat ihres Halbmessers propor- yn muſs,

$$f = \frac{\lambda . \varrho v^2}{D r},$$

nen numerischen Coefficienten bezeichnet, der für alle derselbe bleibt und dessen Werth für jede einzelne eit besonders auf dem Wege der Experimente bestimmt muſs. Nach Borda's oben erwähnten Versuchen ng B) ist für die atmosphärische Luft $\lambda = \frac{9}{40}$. Da die Gröſse f, als eine accelerirende Kraft, von der- atur, wie die Schwere g ist, so folgt, daſs, wenn man eine bestimmte Geschwindigkeit bezeichnet, die Gröſse

h $\frac{c^2}{g}$ gesetzt werden kann, wo dann

$$\frac{f}{g} = \frac{v^2}{c^2} \text{ oder } f = \frac{g v^2}{c^2} \quad \ldots \quad (C)$$

d.

nkrecht fallende und steigende Körper in widerstehenden Mitteln.

es vorausgesetzt betrachten wir nun die Bewegung ei- n Körpers, der in irgend einem widerstehenden Mittel kung der Schwere überlassen wird und der daher in Mittel senkrecht abwärts fällt. Zur gröſseren Vereinfa- er Aufgabe wollen wir die Dichtigkeit des Mittels in nen Theilen constant annehmen. In diesem Falle wird e auf den Körper wirkende accelerirende Kraft gleich eyn, wo f dieselbe Bedeutung, wie in der vorherge- Gleichung (C) hat. Da aber der allgemeine Ausdruck

der accelerirenden Kraft gleich $\frac{\partial v}{\partial t}$ ist, wenn v die Ges
digkeit des Körpers bezeichnet, so hat man

$$\frac{\partial v}{\partial t} = g - f,$$

oder wenn man den Werth von f aus der Gleichung (C
stituirt,

$$g \partial t = \frac{c^2 \partial v}{c^2 - v^2},$$

und davon ist das Integral, wenn v mit t zugle
schwindet,

$$g t = \tfrac{1}{2} c . \text{Log.} \frac{c + v}{c - v} \ldots \quad (1)$$

oder auch, wenn e die Basis der natürlichen Logarith
zeichnet,

$$\frac{c - v}{c + v} = e^{-\frac{2gt}{c}},$$

woraus sofort für die Geschwindigkeit des Körpers
gegebenen Zeit t folgt

$$v = \frac{c . \left\{ e^{\frac{gt}{c}} - e^{-\frac{gt}{c}} \right\}}{e^{\frac{gt}{c}} + e^{-\frac{gt}{c}}} \ldots \quad (D)$$

Um nun auch den zurückgelegten Weg x des Körpers
Zeit t zu bestimmen, hat man $\partial x = v \partial t$, also auch

$$\partial x = \frac{c . \left\{ e^{\frac{gt}{c}} - e^{-\frac{gt}{c}} \right\} . \partial t}{e^{\frac{gt}{c}} + e^{-\frac{gt}{c}}}.$$

Um diese Gleichung zu integriren, setze man

$$e^{\frac{2gt}{c}} = z,$$

also auch

$$\partial t = \frac{c \partial z}{2 g z},$$

so daſs man daher hat

Digitized by Google

$$\partial x = \frac{c^2}{2g} \cdot \frac{(z-1).\partial z}{(z+1)z} = \frac{c^2}{2g} \cdot \left\{ \frac{\partial z}{z+1} - \frac{\partial z}{z(z+1)} \right\}$$

avon ist das Integral

$$= \frac{c^2}{2g} \cdot \left\{ \text{Log.}(z+1) - \text{Log.}\frac{z}{z+1} \right\} = \frac{c^2}{g}.\text{Log.}\frac{1+z}{\sqrt{z}},$$

ch, wenn man den Werth von z wieder herstellt,

$$x = \frac{c^2}{g}\left\{ \text{Log.}\, e^{\frac{gt}{c}} + e^{-\frac{gt}{c}} \right\} + \text{Const.}$$

stimmung der Constante der Integration hat man, da
ür $t=0$ ist,

$$0 = \frac{c^2}{g}.\text{Log.}\,2 + \text{Const.};$$

auch der gesuchte Werth von x für jede gegebene

$$x = \frac{c^2}{g}.\text{Log.}\frac{e^{\frac{gt}{c}} + e^{-\frac{gt}{c}}}{2} \quad . \; . \; . \quad (E)$$

n endlich noch die Abhängigkeit der beiden Gröſsen x
chen, so hat man, wie zuvor,

$$g\,\partial t = \frac{c^2\,\partial v}{c^2 - v^2} \text{ und } \partial t = \frac{\partial x}{v},$$

, wenn man ∂t aus diesen beiden Gleichungen eli-

$$g\,\partial x = \frac{c^2.v\,\partial v}{c^2 - v^2}$$

n ist das gesuchte Integral, da v mit x verschwindet,

$$x = \frac{c^2}{2g} \cdot \text{Log.}\frac{c^2}{c^2 - v^2} \quad . \; . \; . \quad (F)$$

ungen D, E und F enthalten die vollständige Auf-
s Problems.

der Gleichung (D) folgt sofort der merkwürdige Satz,
allen Körpern, die in widerstehenden Mitteln von
gleicher Dichtigkeit senkrecht herabfallen, die Ge-
keit v sich immer mehr und mehr einer constanten
igkeit c nähert, aber dieselbe doch erst in einer un-

endlichen Zeit völlig erreicht. Ist nämlich die Zeit groſs, so wird die Gröſse

$$e^{-\frac{gt}{c}}$$

sehr klein, und dann geht die Gleichung (D) sehr nahe folgende einfache

$$v = c$$

über. Dieses folgt daraus, daſs, für eine lange Zeit d die Geschwindigkeit gt dieses Falls endlich die gegebe stante Geschwindigkeit c weit übertreffen muſs. Für ben Fall giebt auch die Gleichung (E)

$$x = \frac{c^2}{g} . \text{Log.} \tfrac{1}{2} e^{\frac{gt}{c}} = \frac{c^2}{g} . (\text{Log.}\, e^{\frac{gt}{c}} + \text{Log.} \tfrac{1}{2}),$$

oder auch

$$x = \frac{c^2}{g} \left(\frac{gt}{c} - \text{Log.}\, 2 \right) = ct - \frac{c^2}{g} . \text{Log.}\, 2,$$

das heiſst

$$x = ct - 0{,}693147 \frac{c^2}{g},$$

und auch diese Gleichung zeigt, daſs der Körper einer groſsen Zeit nach dem Anfang seines Falls in derstehenden Mittel mit einer *gleichförmigen Bewegt* geht.

Wie groſs ist aber diese constante Endgeschw $v = c$, die der Körper am Ende einer beträchtlichen reicht? Aus der Erfahrung ist bekannt, und es laſst leicht ohne eigentliche Experimente voraussehn, daſs d geschwindigkeit bei Körpern von derselben Gröſse stalt desto gröſser seyn wird, je mehr Masse sie h je dichter sie sind. In der That erhält man die acc Kraft eines Körpers, wenn man die bewegende Kraft durch seine Masse m dividirt, woraus folgt, daſs die rende Kraft, wenn alles übrige gleich gesetzt wird, kehrt wie diese Masse verhalten, oder daſs $f = \frac{1}{m}$ sey Es war aber auch nach der Gleichung (C)

$$f = \frac{g v^2}{c^2},$$

Digitized by Google

us folgt, daſs die Gröſse c^2 der Masse m proportional muſs, oder daſs man die Gleichung haben wird

$$c = A.\sqrt{m},$$

A eine constante Gröſse bezeichnet. Die gesuchte con- Endgeschwindigkeit verhält sich also bei Körpern von Gröſse und Gestalt, wenn sie sich in demselben wi- nden Mittel bewegen, wie die Quadratwurzel ihrer , oder da für dieselbe Geschwindigkeit die Masse der des Körpers proportional ist, wie die Quadratwurzel hte dieser Körper, übereinstimmend mit dem Vorher- n.

Wir haben oben unmittelbar vor der Gleichung (C) ge- daſs $\frac{Dr}{\lambda\varrho}$ gleich $\frac{c^2}{g}$ ist, oder daſs man hat

$$c = \sqrt{\frac{gDr}{\lambda\varrho}},$$

folgt, daſs, wenn die Dichte ϱ des Mittels gegen die D des in ihm bewegten Körpers sehr klein ist, die zugleich sehr groſs wird. Da nun nach dem Vorher- n die Geschwindigkeit v des fallenden Körpers erst he constant wird, wenn $e^{-\frac{gt}{c}}$ sehr klein, oder wenn groſs, das heiſst, wenn t gegen c sehr groſs ist, so ſs die Zeit, in welcher die constante Endgeschwindig- tritt, desto gröſser seyn muſs, je gröſser c ist, oder mit Worten, je kleiner die Dichte ϱ des Mittels gegen die D des Körpers seyn wird. Setzen wir der Kürze we- Gröſse $\frac{gt}{c}$ gleich α, so daſs man also hat

$$\alpha = \frac{gt}{c} = t.\sqrt{\frac{g\lambda\varrho}{Dr}}.$$

vorausgesetzt erhält man

$$\tfrac{1}{2}(e^{\alpha} - e^{-\alpha}) = \alpha + \frac{\alpha^3}{6} + \ldots,$$

$$\tfrac{1}{2}(e^{\alpha} + e^{-\alpha}) = 1 + \frac{\alpha^2}{2} + \frac{\alpha^4}{24} + \ldots$$

ist allgemein

$$\text{Log. nat. } (1+\Theta)=\Theta-\frac{\Theta^2}{2}+\frac{\Theta^3}{3}-\dots,$$

also auch, wenn man

$$\Theta=\tfrac{1}{2}(e^{\alpha}+e^{-\alpha})=1+\frac{\alpha^2}{2}+\frac{\alpha^4}{24}+\dots \text{ setzt}$$

$$\text{Log. } \tfrac{1}{2}(e^{\alpha}+e^{-\alpha})=\frac{\alpha^2}{2}-\frac{\alpha^4}{12}+\frac{\alpha^6}{45}-\dots$$

Substituirt man diese Ausdrücke in den obigen Gleichun
und (E), das heiſst, in den Gleichungen

$$v=c\,.\,\frac{e^{\alpha}-e^{-\alpha}}{e^{\alpha}+e^{-\alpha}} \text{ und } x=\frac{c^2}{g}.\text{Log.}\frac{e^{\alpha}+e^{-\alpha}}{2}$$

so erhält man

$$\frac{v}{c}=\alpha-\tfrac{1}{3}\alpha^3+\dots$$

und

$$\frac{x}{c}=\tfrac{1}{2}\alpha t-\frac{\alpha^3 t}{12}+\dots$$

oder, wenn man den Werth von $\alpha=\frac{g\,t}{c}$ wieder herste

$$v=g\,t-\frac{g^3t^3}{3c^2}+\dots,$$

$$x=\tfrac{1}{2}g\,t^2-\frac{g^3t^4}{12c^2}+\dots,$$

und diese zwei Gleichungen wird man statt der vorhe
den (D) und (E) gebrauchen, so lange t nur noch ein
Gröſse ist, und sie werden für dieselbe Zeit t desto
seyn, je gröſser c, das heiſst, je kleiner die Dichte ρ d
tels gegen die Dichte D des in ihm bewegten Körpers
endlich diese Dichte ρ des Mittels unendlich klein, s
man in den beiden letzten Gleichungen die durch c^2 d
Glieder auch für eine sehr groſse Zeit ganz weglassen
und dadurch erhalten

$$v=g\,t \text{ und } x=\tfrac{1}{2}g\,t^2,$$

welches die bekannten Gleichungen für die Bewegun
im *freien Raume* fallenden Körpers sind[1].

---

1 Vergl. Art. ***Fall der Körper.*** **B. IV. S. 6.**

Digitized by Google

Betrachten wir nun auf gleiche Weise die Bewegung eines n Körpers, der in einem widerstehenden Mittel senkrecht ärts geworfen wird. Wir wollen auch hier für den Kör- eine Kugel vom Halbmesser r annehmen, so daſs man, wie n, hat:

$$c^2 = \frac{g D r}{\lambda \varrho},$$

ie in dieser Gleichung vorkommenden Buchstaben wieder orige Bedeutung haben. Da hier die beschleunigende gleich $- g - \frac{g v^2}{c^2}$ ist, so hat man die Fundamental- ung

$$\frac{\partial v}{\partial t} = - g - \frac{g v^2}{c^2}$$

$$\frac{g \partial t}{c} = - \frac{c \partial v}{c^2 + v^2}.$$

tegral dieser Gleichung ist, wenn a die anfängliche Ge- digkeit bezeichnet, mit welcher der Körper senkrecht s geworfen wird,

$$\text{Arc. Tang.}\ \frac{v}{c} = \text{Arc. Tang.}\ \frac{a}{c} - \frac{g t}{c}.$$

ber allgemein

$$\text{Arc. tang.}\ \alpha - \text{Arc. Tang.}\ \beta = \text{Arc. Tang.}\ \frac{\alpha - \beta}{1 + \alpha\beta}.$$

an daher

$$\alpha = \frac{a}{c} \text{ und } \frac{g t}{c} = \text{Arc. Tang.}\ \beta,$$

lt man

$$\text{ang.}\ \frac{v}{c} = \text{Arc. Tang.}\ \alpha - \text{Arc. Tg.}\ \beta = \text{Arc. Tg.}\ \frac{\alpha - \beta}{1 + \alpha\beta},$$

her auch

$$\frac{v}{c} = \frac{\alpha - \beta}{1 + \alpha\beta} = \frac{\frac{a}{c} - \text{Tang.}\ \frac{g t}{c}}{1 + \frac{a}{c}\text{Tang.}\ \frac{g t}{c}},$$

ndlich

$$\frac{v}{c} = \frac{a\,\mathrm{Cos.}\frac{gt}{c} - c\,\mathrm{Sin.}\frac{gt}{c}}{a\,\mathrm{Sin.}\frac{gt}{c} + c\,\mathrm{Cos.}\frac{gt}{c}} \;\ldots\; (G)$$

und diese Gleichung giebt die Geschwindigkeit v des K
für jede Zeit t.

Da ferner $\partial x = v \partial t$ ist, so erhält man, wenn i
dem letzten Ausdruck den erhaltenen Werth von v subs

$$\partial x = \frac{a\,\mathrm{Cos.}\frac{gt}{c} - c\,\mathrm{Sin.}\frac{gt}{c}}{a\,\mathrm{Sin.}\frac{gt}{c} + c\,\mathrm{Cos.}\frac{gt}{c}} \cdot c\,\partial t$$

und davon ist das Integral, wenn x mit t zugleich
schwindet,

$$x = \frac{c^2}{g} \mathrm{Log.} \left(\frac{a}{c} \,\mathrm{Sin.}\, \frac{gt}{c} + \mathrm{Cos.}\, \frac{gt}{c} \right) \;\ldots\; (H)$$

Diese Gleichung giebt den zurückgelegten Weg des
für jede Zeit t.

Um endlich auch hier die Abhängigkeit der beiden
x und v von einander zu finden, so hat man, wenn
obige erste Gleichung

$$\partial t = - \frac{c^2 \partial v}{g(c^2 + v^2)}$$

in der allgemeinen Gleichung $\partial x = v \partial t$ substituirt,

$$g \partial x = - \frac{c^2 v \partial v}{c^2 + v^2},$$

wovon das Integral ist

$$x = \frac{c^2}{2g} \cdot \mathrm{Log.} \frac{a^2 + c^2}{c^2 + v^2} \;\ldots\; (I)$$

und die Gleichungen (G), (H) und (I) geben die voll
Auflösung des Problems.

Um zu sehn, ob auch diese drei Gleichungen für e
groſses c, das heiſst, für eine sehr geringe Dichtigkeit
widerstehenden Mittels die bekannten Ausdrücke für
wegung eines im *freien Raume* senkrecht aufwärts gew

Digitized by Google

m wieder geben, sey $c = \frac{1}{\alpha}$, wodurch die Gleichung (G) lgende übergeht:

$$v = \frac{a\alpha \,\text{Cos.}\,\alpha g t - \text{Sin.}\,\alpha g t}{a\alpha^2 \,\text{Sin.}\,\alpha g t + \alpha \,\text{Cos.}\,\alpha g t}.$$

fferential des Zählers ist, wenn man nach der Differen- $\alpha = 0$ gesetzt hat, gleich $a - gt$, und auf gleiche Weise ch das Differential des Nenners, wenn man $\alpha = 0$ zu seinem Werthe die Einheit, so daſs man daher für oder für $c = \infty$ statt der Gleichung (G) die folgende re erhält:

$$v = a - gt \ \ldots \ (G').$$

giebt die Gleichung (I), wenn man wieder $c = \frac{1}{\alpha}$ setzt,

$$x = \frac{1}{2g\alpha^2}\left\{\text{Log.}(1 + \alpha^2 a^2) - \text{Log.}(1 + \alpha^2 v^2)\right\}.$$

m Zähler dieses Bruchs ist das erste Differential

$$\left(\frac{2\alpha a^2}{1 + \alpha^2 a^2} - \frac{2\alpha v^2}{1 + \alpha^2 v^2}\right) \partial \alpha$$

enso von dem Nenner

$$4 g \alpha . \partial \alpha .$$

er Gröſsen Quotient für $\alpha = 0$ wieder den unbestimm- sdruck

$$\frac{0 - 0}{0}$$

so wird man diese Gröſsen noch einmal differentiiren, h man das zweite Differential des Zählers für $\alpha = 0$ $2a^2 - 2v^2$ und ebenso das zweite Differential des Nen- eich $4g$ erhält, so daſs demnach der wahre Werth von x n besondern Fall $\alpha = 0$ aus der Gleichung (I) folgen- m wird:

$$x = \frac{a^2 - v^2}{2g} \ \ldots \ (I').$$

tuirt man in der letzten Gleichung statt v den bereits denen Werth $v = a - gt$, so erhält man

$$x = at - \tfrac{1}{2} g t^2 \ \ldots \ (H')$$

e Transformation der obigen Gleichung (H) für den be- n Fall $\alpha = 0$ oder $c = \infty$ oder endlich $\varrho = 0$, und diese

drei Gleichungen stimmen mit denjenigen überein, die
senkrecht aufwärts geworfene Körper im *freien Raume*

Noch ist bei diesem zweiten Probleme die gröſst
zu bestimmen, die der Körper im widerstehenden M
reichen kann. Diese gröſste Höhe, die wir durch h
nen wollen, hat offenbar dann statt, wenn die Gesch
keit v des Körpers gleich Null ist. Für $v = 0$ giebt
Gleichung (I)

$$h = \frac{c^2}{2g} \text{Log.} \frac{a^2 + c^2}{c^2},$$

und dieses ist der Ausdruck für die gesuchte gröſste H
der sich der Körper erheben kann. Nennt man t′ die
der Körper verwendet, um zu dieser Höhe h zu gela
hat man, wenn in der Gleichung (G) die Gröſse v =
$t = t'$ gesetzt wird,

$$t' = \frac{c}{g} \text{ Arc. Tang. } \frac{a}{c}.$$

Wenn der Körper diese Höhe erreicht hat, so wird
auf demselben Wege, auf welchem er gestiegen ist,
len, und diese seine niedergehende Bewegung wird,
dem ersten Problem, durch die drei Gleichungen (D),
(F) bestimmt werden. Nennt man a′ die Geschwindi
Ende seines Falls von der ganzen Höhe h, so wird
möge der Gleichung (F) haben

$$h = \frac{c^2}{2g} \text{Log.} \frac{c^2}{c^2 - a'^2}.$$

Setzt man diese beiden Werthe von h einander gleich
hält man

$$\frac{c^2}{c^2 - a'^2} = \frac{a^2 + c^2}{c^2}$$

und daher auch

$$a'^2 = \frac{a^2 . c^2}{a^2 + c^2},$$

woraus folgt, daſs a′ kleiner als a ist, oder daſs der
wenn er von seiner gröſsten Höhe wieder zu seinem
Ausgangspuncte zurückgefallen ist, eine kleinere Gesch

1 Vergl. Art. *Fall der Körper.* Bd. IV. S. 8.

Digitized by Google

hat, als er das erste Mal, im Anfange seiner Bewegung, ...sem Puncte hatte.

Nennt man ebenso t″ die Zeit seines Falls durch die Höhe h, so hat man, wenn man in der obigen Glei-...(1), nämlich in

$$gt = \tfrac{1}{2} c . \text{Log.} \frac{c + v}{c - v}$$

...öſse $v = a'$ setzt,

$$t'' = \frac{c}{2g} \text{Log.} \frac{c + a'}{c - a'},$$

...dlich, wenn man für a′ den so eben gefundenen Werth ...irt,

$$\frac{c}{2g} . \text{Log.} \frac{\sqrt{a^2 + c^2} + a}{\sqrt{a^2 + c^2} - a} = \frac{c}{g} \text{Log.} \frac{c}{\sqrt{a^2 + c^2} - a}.$$

...man daher $T = t' + t''$ die Summe der zwei Zeiten des ...ens und des Niedergehens des Körpers zu seinem ersten ...puncte, so hat man

$$\text{Arc. Tang.} \frac{a}{c} + \text{Log.} \frac{c}{\sqrt{a^2 + c^2} - a} \; . \; . \; . \quad (K)$$

...chung (K) wird ein gutes Mittel abgeben, die Gröſse ...en der interessantesten Fälle, die hier vorkommen zu bestimmen. Wenn nämlich eine Kanone senk-...gestellt wird, so wird man nur die Zeit des Austritts ...aus der Mündung der Kanone und die Zeit ihres ...s auf den Boden bemerken dürfen, eine Beobachtung, ...ewaltigen Geschwindigkeit der Bewegung der Kugel ...doch mit groſser Genauigkeit wird gemacht werden Heiſst T die Differenz dieser beiden Zeiten und ...n überdieſs die anfängliche Geschwindigkeit a, so ...letzte Gleichung auch den Werth von c kennen leh-...war aber

$$c^2 = \frac{gDr}{\lambda\varrho},$$

...Dichte der Kugel vom Halbmesser r, ϱ die Dichte ...stehenden Mittels, hier der Atmosphäre, und λ ...te Gröſse, die nach Borda gleich $\frac{9}{10}$ ist, bezeich-...net man c′ den Werth von c für eine andere Kugel

aus derselben Materie, deren Halbmesser aber r' ist, man

$$c'^2 = \frac{g D r'}{\lambda \varrho}$$

und daher

$$\frac{c'}{c} = \sqrt{\frac{r'}{r}},$$

so daſs man daher, wenn man den Werth von c für zige Kugel kennen gelernt hat, auch sofort den für dere, aus derselben Masse verfertigte Kugel finden

B. Pendelbewegungen in widerstehen Mitteln.

Besonders wichtig ist die Lehre von dem Wider der Theorie der Pendelbewegung, da wir die Vers diesen Instrumenten nicht anders, als in der Atmosp stellen können.

Um das Folgende besser zu übersehn, stellen wi die bereits oben[1] für den leeren Raum erhaltenen A
Fig. 192. kurz zusammen. Ist C der Mittelpunct des Kreises dessen Halbmesser a ist, und läſst man einen der unterworfenen körperlichen Punct von dem Puncte A so wird er in der inneren Seite dieses Kreises, in den A B A', und zwar, im freien Raume, so lange fortge auf der andern Seite der Verticale CB einen Punct A' hat, der mit dem Ausgangspuncte A dieselbe Höhe Horizonte hat. Von diesem Puncte A wird er wied denselben Bogen A'BA in derselben Zeit bis zu dem Punct A gehn, und diese Bewegung wird er ohne E setzen.

Es sey BCA $= \alpha$ der anfängliche Winkel, wel Radius CA des Kreises mit dem verticalen Halbmesser det, und ebenso sey BCM $= \Theta$ der Winkel des bew Radius CM mit derselben Verticale für jede andere Zeit dem Anfange der Bewegung in A, wo diese Winkel α auf der Seite der Verticale bei A positiv und auf d

1 S. Art. *Pendel.* Bd. VII. S. 306.

Digitized by Google

Seite bei A' negativ zu nehmen sind. Wenn nun der gliche Winkel BCA = α, wie dieses bei Pendelbeobachn immer der Fall ist, nur klein angenommen wird, so m für die Bewegungen des Pendels im freien Raume, wenn 0,1963 Par. Fuſs die Schwere und t die Zeit des Falls durch AM bezeichnet,

$$\frac{\partial^2 \Theta}{\partial t^2} = -\frac{g}{a} \text{ Sin. } \Theta$$

$$\frac{\partial \Theta^2}{\partial t^2} = \frac{2g}{a}(\text{Cos. } \Theta - \text{Cos. } \alpha),$$

h, wenn α und Θ nur kleine Winkel sind,

$$t = \sqrt{\frac{a}{g}} \text{. Arc. Cos. } \frac{\Theta}{\alpha}$$

mnach

$$\Theta = \alpha \text{ Cos. t. } \sqrt{\frac{g}{a}}.$$

inkelgeschwindigkeit des bewegten Punctes aber ist für seiner Ankunft in M oder am Ende der Zeit t

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = -\alpha \sqrt{\frac{g}{\alpha}} \text{. Sin. t } \sqrt{\frac{g}{a}},$$

h die wahre Geschwindigkeit desselben

$$v = \frac{a \partial \Theta}{\partial t} = -\alpha \sqrt{ag} \text{. Sin. t } \sqrt{\frac{g}{a}},$$

demnach die wahre Geschwindigkeit des bewegten für den untersten Punct B seiner kreisförmigen Bahn, $= \frac{1}{2}\pi \sqrt{\frac{a}{g}}$ ist, gleich $-\alpha \sqrt{ag}$ seyn wird, negativ, e Richtung dieser Geschwindigkeit von dem Puncte B auf die rechte Seite der Verticale CB geht.

n nennt den ganzen Bogen ABA' einen *Schwung* oder *cillation*. Nach dem Vorhergehenden ist demnach die eines ganzen Schwungs

$$T = \pi \sqrt{\frac{a}{g}},$$

die bekannte Ludolph'sche Zahl bezeichnet.

as Vorhergehende setzt voraus, daſs der Bogen AB des

halben Schwunges oder daſs der anfängliche Elevations
α, also auch der Winkel Θ nur klein ist, für jeden
Winkel von beliebiger Gröſse aber hat man die Zeit de
zen Schwungs durch den Bogen ABA' oder

$$T = \pi \sqrt{\frac{a}{g}} \cdot \left\{ 1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{\beta}{2} + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \left(\frac{\beta}{2}\right)^2 + \left(\frac{1.3.5}{2.4.6}\right)^2 \left(\frac{\beta}{2}\right)^3 + \cdot\right.$$

wo $\beta = 1 - \text{Cos.}\,\alpha$ oder wo β der Sinus versus von
Diese Reihe ist für alle Bogen α convergent, da die G
ihrer Natur nach immer kleiner als die Einheit ist.

Nach dieser kurzen Zusammenstellung der Ausdrü
die Pendelbewegung im leeren Raume wenden wir uns
dieser Bewegung im widerstehenden Mittel. Behält m
vorhergehenden Bezeichnungen bei und setzt überdie
Bogen AM = s, so hat man, wenn die senkrechte
parallele Linie Ma = g die Schwere bezeichnet, für d
der Tangente des Kreises in M zerlegte Schwere Mb = g
da $BCM = \Theta$, also auch $aMb = 90° - \Theta$ ist. Nennt m
f die accelerirende Kraft, die von dem Widerstande ko
hat man nach den ersten Vorschriften der Mechanik di
chung

$$\frac{\partial^2 s}{\partial t^2} = g\,\text{Sin.}\,\Theta - f \;\ldots\; (L)$$

und es wird nun darauf ankommen, die Function f zu
men und dann die Gleichung (L) zu integriren.

Nimmt man an, daſs der Widerstand sich wie d
schwindigkeit verhalte, so hat man, wenn c irgend eine
bene constante Geschwindigkeit bezeichnet,

$$f = \frac{g}{c} \cdot \frac{\partial s}{\partial t}.$$

Weiter ist im Kreise $s = a(\alpha - \Theta)$, also auch

$$\frac{\partial s}{\partial t} = -\frac{a\,\partial\Theta}{\partial t},$$

und wenn die Winkel α und Θ wieder nur klein gen
werden,

$$\text{Sin.}\,\Theta = \Theta - \tfrac{1}{6}\Theta^3 + \ldots,$$

so daſs demnach die Gleichung (L) in folgende übergeht:

Digitized by Google

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial t^2} + \frac{g}{c}\cdot\frac{\partial\Theta}{\partial t} + \frac{g}{a}.\Theta = 0,$$

nn ist das bekannte Integral

$$\theta = \left\{C.\text{Cos.}\,t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}} + C'.\text{Sin.}\,t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}}\right\}.e^{-\frac{gt}{2c}},$$

nd C' die zwei Constanten der Integration sind und wo

$$\gamma^2 = 1 - \frac{ga}{4c^2}$$

ie Gröſsen C und C' werden dadurch bestimmt, daſs für $\frac{\partial\Theta}{\partial t} = 0$ im Anfange der Bewegung oder für $t=0$ daſs man hat

$$C = \alpha \text{ und } C' = \frac{\alpha\sqrt{ga}}{2\gamma c}.$$

wird daher das obige Integral die Gestalt annehmen

$$\Theta = \alpha\left\{\text{Cos.}\,t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}} + \frac{\sqrt{ga}}{2\gamma k}.\text{Sin.}\,t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}}\right\}.e^{-\frac{gt}{2c}},$$

nn ist das erste Differential

$$\frac{\partial\Theta}{\partial t} = -\frac{\alpha}{\gamma}.\sqrt{\frac{g}{a}}.\text{Sin.}\,t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}}.e^{-\frac{gt}{2c}}$$

beiden letzten Gleichungen geben für jede Zeit t die Pendels durch den Winkel Θ und seine Geschwin- $\frac{\partial\Theta}{\partial t}$. Am Ende eines jeden ganzen Schwungs durch AMA' ist der Körper in A', und da er hier, wenn diesem Puncte gestiegen ist, wieder zu fallen an- ist für diesen Punct A' die Geschwindigkeit $\frac{a\partial\Theta}{\partial t}$ ll, also auch $\text{Sin.}\,t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}}$ gleich Null oder $t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}}$ π, wo n gleich 1, 2, 3.. ist. Die Schwingungen des widerstehenden Mittel sind daher auch isochron, wie Raume, und da am Ende des ersten Schwungs

$$t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}} = \pi \text{ und } t = T \text{ ist,}$$

an auch für die Zeit T eines Schwungs

$$T = \frac{\pi}{\gamma}\sqrt{\frac{a}{g}}$$

(während im leeren Raume $T = \pi\sqrt{\frac{a}{g}}$ war).

Nicht so ist es mit den Amplitüden oder mit der g
Ausweichung α des Pendels, die im leeren Raume imm
selbe bleibt, im widerstehenden Mittel aber immer
wird. Am Ende des ersten Schwungs ist nämlich $t\gamma\sqrt{}$
und daher die obige Gleichung für Θ

$$\Theta = \alpha . e^{-\frac{g t}{2 c}},$$

oder, wenn man darin den Werth von $t = \frac{\pi}{\gamma}\sqrt{\frac{a}{g}}$ subs

$$\Theta \text{ oder } \alpha' = \alpha . e^{-\frac{\pi\sqrt{ag}}{2\gamma c}}.$$

Am Ende des zweiten Schwungs ist $t\gamma\sqrt{\frac{g}{a}} = 2\pi$, al
jene Gleichung

$$\Theta \text{ oder } \alpha'' = \alpha . e^{-\frac{g t}{2 c}} = \alpha . e^{-\frac{2\pi\sqrt{ag}}{2\gamma c}},$$

und ebenso erhält man für die Amplitüde des dritten S

$$\alpha''' = \alpha . e^{-\frac{3\pi\sqrt{ag}}{2\gamma c}}$$

und überhaupt für die Amplitüde des nten Schwungs

$$\alpha^{n} = \alpha . e^{-\frac{n\pi\sqrt{ga}}{2\gamma c}},$$

so daſs also diese auf einander folgenden Amplitüden e
metrische Progression bilden, deren Verhältniſszahl is

$$e^{-\frac{\pi\sqrt{ga}}{2\gamma c}}.$$

Bemerken wir noch, daſs die Differentialgleichung der
Ordnung

$$\frac{\partial^2\Theta}{\partial t^2} + A . \frac{\partial\Theta}{\partial t} + B . \Theta = 0$$

je nach den Werthen der zwei constanten Gröſsen A
verschiedene Integrale giebt. Sind nämlich m un

Digitized by Google

zeln der quadratischen Gleichung $u^2 + Au + B = 0$, so man, wenn diese Wurzeln reell sind, für das gesuchte gral

$$\Theta = C.e^{mt} + C'.e^{nt},$$

wie zuvor, die Basis der natürlichen Logarithmen be- t. Sind aber diese zwei Wurzeln imaginär und von m $m' \pm n' \sqrt{-1}$, so ist das Integral

$$\Theta = e^{m't}.(C\,\mathrm{Cos}.\,n't + C'.\mathrm{Sin}.\,n't).$$

ndlich jene beiden Wurzeln unter sich gleich, so hat

$$\Theta = e^{mt}.(C + C'.t).$$

r haben im Obigen den zweiten dieser drei Fälle ge- weil für die gegebene Gleichung

$$\frac{\partial^2 \Theta}{\partial t^2} + \frac{g}{c}.\frac{\partial \Theta}{\partial t} + \frac{g}{a}.\Theta = 0,$$

$= \frac{g}{c}$ und $B = \frac{g}{a}$ gesetzt wird, die beiden Wurzeln der g

$$U^2 + Au + B = 0$$

gende Ausdrücke gegeben werden:

$$u = \frac{-\alpha g \pm \sqrt{a^2 g^2 - 4agc^2}}{2ac}$$

$$u = \frac{-ag \pm \sqrt{-4agc^2\gamma^2}}{2ac},$$

lso beide Wurzeln imaginär sind, da a und g ihrer h, so wie die Quadrate c^2 und γ^2, immer positive eyn müssen; die Gröſse γ aber oder

$$\gamma = \frac{1}{2c}\sqrt{4c^2 - ag}$$

elle Gröſse, da für den Fall in der Natur c^2 immer r als $\frac{1}{4}ag$ seyn wird. Denn die Pendel, mit wel- Versuche anzustellen pflegen, haben immer nur eine ige Länge, also ist a nur klein. Was aber die betrifft, so hat man, wie bereits oben gezeigt worden

Littrow's Anleit. z. höhern Mathem. Wien 1836. S. 414.

ist, $c^2 = \frac{gDr}{\lambda\rho}$, wo D die Dichte der kleinen Kugel vom messer r, die an den Faden des Pendels befestigt wird wo ρ die Dichte des widerstehenden Mittels bezeichne also D viel gröſser als ρ und daher c eine sehr groſ seyn wird. Man sieht auch schon ohne weitere Rechnu diese Gröſse γ eine von der Einheit nur sehr wenig v dene Zahl seyn kann. Die Zeit des Schwunges ist nä

für den leeren Raum $$T = \pi\sqrt{\frac{a}{g}}$$

und

für ein widerstehendes Mittel $$T' = \frac{\pi}{\gamma}\sqrt{\frac{a}{g}},$$

und da das widerstehende Mittel diese Zeit T nothwen gröſsern, aber auch, wenn die Dichte desselben, wi Luft, nur sehr gering ist, nur sehr wenig vergröſse so muſs γ eine Zahl seyn, die nur wenig kleiner, als heit ist.

Alles Vorhergehende ist auf die Annahme gegrün der Widerstand, den das Pendel während seiner Bewe fahrt, der Geschwindigkeit desselben proportional sey. That zeigen auch die Beobachtungen, daſs die Ampli Schwingungsbogen (wenigstens wenn dieselben nur kl wie dieses bei allen unsern Pendelbeobachtungen der sehr nahe in einer geometrischen Progression abnehm wir dieses oben auch durch die Rechnung gefunde Die schönen und sorgfältigen Beobachtungen, die de lier Borda in Paris angestellt hat, zeigten z. B., daſs plitüde seiner Schwingungen deutlich dem Gesetze chen Progression folgte, und daſs erst nach 1800 Sc gen die Amplitüde des Bogens auf zwei Drittheile ihr lichen Gröſse reducirt worden ist. Dieses giebt mit E oben gegebenen Ausdrucks

$$e^{-\frac{1800\pi\sqrt{ga}}{2\gamma c}} = \tfrac{2}{3},$$

woraus folgt

$$\frac{1800\pi\sqrt{ga}}{2c} = \gamma\,\text{Log.}\,\tfrac{3}{2} = \gamma \cdot 0{,}40546.$$

Da aber

Digitized by Google

$$\frac{\sqrt{ga}}{2c} = \sqrt{1-\gamma^2}$$

ist auch

$$1800\pi\sqrt{1-\gamma^2} = 0{,}40546\gamma,$$

aus folgt

$$\gamma = 1{,}0000000026,$$

h ohne allen merklichen Fehler $\gamma = 1$, so daſs man der Berechnung von T die Rücksicht auf den Wi- d der Luft, in diesen Beobachtungen wenigstens, gänz- glassen darf. Allein alles dieses gilt nur für sehr kleine gungsbogen; für gröſsere Amplitüden zeigen die Beob- n keineswegs eine Abnahme derselben nach dem Ge- er geometrischen Progression, so daſs auch wohl unsere raussetzung, daſs der Widerstand der ersten Potenz chwindigkeit proportional sey, nicht als sehr wahr- h angenommen werden kann.

n wir also noch, wie sich die Beobachtung der Pen- ung im widerstehenden Mittel mit der andern, bereits gestellten Hypothese vertrage, nach welcher der Wi- dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional ist. e Hypothese ist man übrigens, ohne eigentliche Beob- , die man erst später damit zu vereinigen gesucht ch folgenden einfachen Schluſs geführt worden. Der den die Bewegung eines festen Körpers in einem flüs- ium erleidet, muſs sich offenbar verhalten, wie die e Flüssigkeit, die durch den festen Körper verdrängt oll, und wie die Geschwindigkeit, mit welcher sie t wird. Allein die Masse der verdrängten Flüssigkeit der Geschwindigkeit des festen Körpers proportionirt, s auch der Widerstand der Flüssigkeit dem Quadrat hwindigkeit des in ihr bewegten Körpers proportionirt

also die accelerirende Kraft f des Widerstandes

$$f = \frac{g}{c^2} \cdot \left(\frac{\partial s}{\partial t}\right)^2,$$

der die gegebene Geschwindigkeit c eine sehr groſse d daher

$$f = \frac{2\alpha g}{c^2}$$

einen gegen die Einheit sehr kleinen Bruch bezeichnet, so man hat

$$\frac{\partial^2 s}{\partial t^2} = g \mathrm{Sin.}\Theta - \frac{g}{c^2} \cdot \frac{\partial s^2}{\partial t^2},$$

oder da, wie zuvor, $\partial s = - a \partial \Theta$ ist,

$$\frac{\partial^2 \Theta}{\partial t^2} + \frac{g}{a} \mathrm{Sin.}\,\Theta = \tfrac{1}{2} b . \frac{\partial \Theta^2}{\partial t^2} \ldots \quad (M)$$

Diese letzte Gleichung soll nun zweimal integrirt werden die Geschwindigkeit $\frac{a \partial \Theta}{\partial t}$ sowohl, als auch die Lage Pendels für jede gegebene Zeit t zu finden.

Ohne uns bei den Kunstgriffen, diese Gleichung zu griren, weiter aufzuhalten, da sie der Leser aus der Ausgabe von Poisson's Mécanique Vol. I. S. 353 kenne nen kann, begnügen wir uns, als Endresultat dieser Be zu bemerken, daſs unter der Voraussetzung, daſs der Wi also auch sein anfänglicher Werth α nur klein ist, Ausdrücke statt haben. Man erhält nämlich für das tegral der vorhergehenden Gleichung

$$\frac{a^2 \partial \Theta^2}{\partial t^2} = \frac{2ag}{1+b^2}\Big[\mathrm{Cos.}\,\Theta + b\,\mathrm{Sin.}\Theta - (\mathrm{Cos.}\,\alpha + b\,\mathrm{Sin.}\,\alpha).e$$

und dieser Ausdruck giebt die Geschwindigkeit $\frac{a \partial \Theta}{\partial t}$ Werth des Winkels Θ. Für den tieſsten Punct der hat man $\Theta = 0$, also auch

$$\frac{a^2 \partial \Theta^2}{\partial t^2} = \frac{2ag}{1+b^2}\Big[1 - (\mathrm{Cos.}\,\alpha + b\,\mathrm{Sin.}\,\alpha) . e^{-\alpha b}\Big] \ldots$$

Für den leeren Raum aber haben wir oben für das Qu Geschwindigkeit in dem tieſsten Puncte erhalten

$$\frac{a \partial \Theta}{\partial t} = - \alpha \sqrt{ag},$$

oder, da α nur klein, also auch sehr nahe $\alpha^2 = 2(1-$ ist,

$$\frac{a^2 \partial \Theta^2}{\partial t^2} = 2ag(1 - \mathrm{Cos.}\,\alpha),$$

so daſs demnach diese Geschwindigkeit in dem tieſsten im widerstehenden Mittel offenbar *kleiner* ist, als im

Digitized by Google

n. Der Körper wird alſo auch im widerſtehenden Mittel der andern Seite der Verticale CB nicht wieder bis zu der Höhe A′ ſteigen können, die er im Anfange ſeiner Beg hatte, wie dieſes wohl im leeren Raume der Fall iſt. t man α_1 den Bogen BA′, in welchem er ſeine aufſteiBewegung oder in welcher er den zweiten Theil ſeiner Oscillation vollendet, ſo findet man

$$\alpha_1 = \alpha - \frac{2b}{\text{Sin.}\,\alpha}(\text{Sin.}\,\alpha - \alpha\,\text{Cos.}\,\alpha),$$

wenn die beiden Bogen α und α_1 nur klein ſind,

$$\alpha_1 = \alpha - \frac{2b\alpha^2}{3}.$$

to der Körper bis zu dem höchſten Puncte A_1 gekomt, ſo wird er wieder zu fallen anfangen, und ſo nach ch ſeine Oscillationen um die Verticale CA in immer n Bogen ſo lange fortſetzen, bis dieſe Bogen endlich en oder nahe gleich Null ſeyn werden. Iſt α_2 der Theil der zweiten Oscillation, oder bezeichnet α_2 den in welchem der Körper ſich bewegt, wenn er das erwieder von B gegen den Anfangspunct A aufſteigt, ſo an ebenſo

$$\alpha_2 = \alpha_1 - \frac{2b\alpha_1^2}{3},$$

m α_3 und α_4 die nächſtfolgenden aufſteigenden Halbngen bezeichnen, ſo iſt

$$\alpha_3 = \alpha_2 - \frac{2b\alpha_2^2}{3},$$

$$\alpha_4 = \alpha_3 - \frac{2b\alpha_3^2}{3} \text{ u. s. w.}$$

e Werthe von α, α_1, α_2, α_3.... zeigen, daſs die ngsbogen nicht mehr in einer geometriſchen Progreſehmen, wie bei der vorhergehenden Hypotheſe, wo der nd der erſten Potenz der Geſchwindigkeit proportional en wurde.

a nun noch die Zeit t zu beſtimmen, in welcher der 6 zurückgelegt wird, ſo findet man aus der Gleichung ch Integration, wenn wieder der Winkel α nur klein en wird,

Digitized by Google

$$\Theta = \left(\alpha - \frac{\alpha^2 b}{3}\right) \text{Cos.} t \sqrt{\frac{g}{a}} + \frac{\alpha^2 b}{4} + \frac{\alpha^2 b}{12} \text{Cos.} 2t \sqrt{\frac{g}{a}} \ldots$$

und dieser Ausdruck giebt auch sofort eine bequeme Gleich durch welche man die Geschwindigkeit v ebenfalls durch Zeit t ausdrücken kann. Differentiirt man nämlich die chung (O), und bemerkt man, daſs $v = \frac{a \partial \Theta}{\partial t}$ ist, so man

$$v = \left(\alpha - \frac{\alpha^2 b}{3}\right) \sqrt{ga} \,.\, \text{Sin.} t \sqrt{\frac{g}{a}} + \frac{\alpha^2 b \sqrt{ga}}{6} \text{Sin.} 2t \sqrt{\frac{g}{a}} \ldots$$

für den gesuchten Ausdruck. Setzt man in ihm v gleich so erhält man

$$0 = \left(1 - \frac{\alpha b}{3} + \frac{\alpha b}{3} \text{Cos.} t \sqrt{\frac{g}{a}}\right) \,.\, \text{Sin.} t \sqrt{\frac{g}{a}}.$$

Da nun der Winkel α immer nur sehr klein ist, so k erste Factor dieser Gleichung nie gleich Null werde zweite Factor aber wird gleich Null jedesmal, wenn der von $t \sqrt{\frac{g}{a}}$ gleich π, oder 2π, oder 3π u. s. w. wird. folgt, daſs der Zeitraum, der zwischen je zwei nächst schwindenden Geschwindigkeiten enthalten ist, oder Zeit T eines ganzen Schwungs des Pendels

$$T = \pi \sqrt{\frac{a}{g}}$$

ist, also ganz dieselbe, wie im leeren Raume.

Suchen wir noch die Zeit τ, die das Pendel brau von seinem Anfangspuncte A bis zu seinem tiefsten Pun gelangen. Zu diesem Zwecke wird man nur in der v henden Gleichung (O) die Gröſse $\Theta = 0$ setzen, wod erhalt

$$0 = \left(1 - \frac{\alpha b}{3}\right) \text{Cos.} \tau \sqrt{\frac{g}{a}} + \frac{\alpha b}{4} + \frac{\alpha b}{12} \text{ Cos. } 2\tau \sqrt{}$$

Da der kleinste Werth von $\tau \sqrt{\frac{g}{a}}$ nur sehr wenig von schieden seyn kann, so wird man

$$\tau \sqrt{\frac{g}{a}} = \tfrac{1}{2}\pi + \varepsilon$$

setzen, wo ε eine sehr kleine Gröſse bezeichnet, von

Digitized by Google

das Quadrat und das Product $\alpha\varepsilon$ vernachläſsigen kann. giebt die vorige Gleichung

$$0=-\left(1-\frac{\alpha b}{3}\right)\ \text{Sin.}\ \varepsilon+\frac{\alpha b}{4}-\frac{\alpha b}{12}\ \text{Cos.}\ \varepsilon,$$

$$0=-\left(1-\frac{\alpha b}{3}\right)\varepsilon+\frac{\alpha b}{4}-\frac{\alpha b}{12},$$

ndlich

$$\varepsilon=\frac{\alpha b}{6}.$$

dieser Werth von ε in der vorigen Gleichung

$$\tau\sqrt{\frac{g}{a}}=\tfrac{1}{2}\pi+\varepsilon$$

irt, so erhält man

$$\tau=\tfrac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{a}{g}}\cdot\left(1+\frac{\alpha b}{3\pi}\right)$$

Zeit der ersten Hälfte des ersten ganzen Schwungs. it T aber dieses ganzen Schwungs selbst wurde zuvor

$$T=\pi\sqrt{\frac{a}{g}}$$

n, also ist auch

$$\frac{\tau}{T}=1+\frac{\alpha b}{3\pi}.$$

er Voraussetzung, daſs der Widerstand dem Quadrate chwindigkeit proportional ist, wird also die erste ab- e Halboscillation in dem Verhältniſs von $1+\frac{\alpha b}{3\pi}$ zur vermehrt, und da die ganze Oscillation dieselbe, wie m Raume bleibt, so folgt, daſs die aufsteigende Halb- ion durch den Widerstand in demselben Verhältniſs ver- t werden muſs.

bstituirt man diesen Werth von τ in der Gleichung (P) rnachläſsigt man die dritten und höhern Potenzen von erhalt man

$$v=\alpha\left(1-\frac{\alpha b}{3}\right)\cdot\sqrt{g a},$$

d wir oben für den leeren Raum $v=\alpha\sqrt{g a}$ erhalten

Digitized by Google

haben, so daſs daher die Geschwindigkeit in dem unt Puncte B durch den Widerstand in dem Verhältniſs $1-\frac{\alpha b}{3}$ zur Einheit vermindert wird.

Alle diese Resultate sind, wie man sieht, unabhän der Gröſse f des Coefficienten des Widerstandes, und sie bloſs den Winkel α klein voraus. Sie werden daher gut für Pendel gehören, die sich in der Luft oder die irgend einer Flüssigkeit bewegen, wenn man nur diese G für jedes dieser Mittel gehörig bestimmt. Es ist auch unnöthig, noch andere Hypothesen zu untersuchen, Widerstand der dritten oder vierten oder einer noch h Potenz der Geschwindigkeit proportional ist, weil man, α, wie bisher, nur sehr klein angenommen wird, in suchenden Werthen von ν und Θ doch nur wieder di gen Ausdrücke finden würde, so lange man die dritt höhern Potenzen von α vernachlässigt, wie man die bei allen Versuchen mit Pendeln aus bekannten Grün thun gezwungen ist.

Beschlieſsen wir diesen Gegenstand durch eine Bem die man bisher bei den Pendelbeobachtungen, so viele S man auch auf sie zu verwenden suchte, gänzlich vernach hat, und auf die zuerst Bessel, der berühmte Astro Königsberg, aufmerksam gemacht hat. Bekanntlich w Gewicht der festen Körper, wenn sie in eine Flüssigk getaucht werden, um das Gewicht eines gleich groſsen mens dieser Flüssigkeit vermindert. Ist nämlich P das G eines Körpers im leeren Raume, P′ in der Luft oder in ser, und Π endlich das Gewicht eines gleich groſsen Vo von Luft oder Wasser, so hat man

$$P' = P - \Pi.$$

Bezeichnet aber ϱ das Verhältniſs der Dichte der Luft des festen Körpers, g die Schwere im leeren Raume in der Luft, so hat man, wenn m die Masse des festen pers ist,

$$\Pi = P\varrho;\ P = m g \text{ und } P' = m g',$$

also ist auch die vorige Gleichung

$$g' = g\,(1-\varrho).$$

Bezeichnet man aber durch T und T′ die Schwingung

[...]lben Pendels für die Schwere g und g', so hat man, wenn [...] Schwingungen in kleinen Bogen vor sich gehn,

$$T = \pi \sqrt{\frac{a}{g}} \text{ und } T' = \pi \sqrt{\frac{a}{g'}},$$

[...]uch

$$T' = \frac{T}{\sqrt{1-\varrho}} \ldots \quad (m)$$

[...]eichne nun a' die Länge eines Pendels, das unter dem [...] der Schwere g' seine Schwingungen in derselben Zeit [...] wie das Pendel der Länge a unter der Schwere g, so [...]

$$\sqrt{\frac{a}{g}} = \sqrt{\frac{a'}{g'}}$$

[...]aus folgt

$$a' = a(1-\varrho) \ldots \quad (n).$$

[...]s der bloſsen Betrachtung, daſs die festen Körper, wenn [...]üssige getaucht werden, *selbst im Zustande der Ruhe* [...]m Gewichte verlieren, folgt schon, daſs die Schwin[...]iten *solcher* Körper nach der Gleichung (m) durch den [...]nd der Flüssigkeit in dem Verhältniſs von $\sqrt{1-\varrho}$ [...]heit *vergröſsert* und daſs nach der Gleichung (n) die [...] der Pendel von denselben Schwingungszeiten in dem [...]niſs von $1-\varrho$ zur Einheit verkleinert werden.

[...]llein dieser Gewichtsverlust der festen Körper in den [...]n, und darin besteht vorzüglich die erwähnte Bemerkung [...]s, ist ein anderer, wenn der Körper in dieser Flüssig[...] Ruhe ist und wenn er in ihr eine schwingende Be[...]g hat. Im Zustande der Bewegung ist jener Verlust [...]r, als in der Ruhe, und man muſs daher bei dem vor[...]enden Ausdrucke die Gröſse ϱ durch eine Gröſse μ [...]ciren, die etwas gröſser als die Einheit ist und die [...]er Form des bewegten Körpers abhängt. Für solche Pen[...]die aus einer kleinen, an einem sehr feinen Faden befe[...] Kugel bestehn, wurde μ nahe gleich $\frac{3}{2}$ gefunden, so [...]ie Gleichungen (m) und (n) in folgende übergehn:

$$T' = \frac{T}{\sqrt{1-\frac{3}{2}\varrho}} = T.(1+\tfrac{3}{4}\varrho) \text{ und } a' = a\ (1-\tfrac{3}{2}\varrho).$$

Digitized by Google

Diesem gemäſs muſs also auch die Correction wegen der zahl der beobachteten Schwingungen, die oben[1] gegeben is nahe ihre Hälſte vergröſsert werden[2].

C. Planetenbewegungen im widerstehe Mittel.

In den neueren Zeiten hat sich die Theorie des W standes auch in der Astronomie geltend zu machen g Bisher wurde allgemein angenommen, daſs sich die unsers Sonnensystems im leeren Raume, oder doch nem äuſserst dünnen Medium bewegen, welches auf ih wegung durchaus keinen bemerkbaren Einfluſs zu äu Stande sey, allein seit Encke die von ihm bemerkte V zung der Umlaufszeit des nach ihm genannten Kome einem solchen Widerstande zu erklären versucht hat, m angemessen erscheinen, die Wirkung, welche ein solches auch äuſserst verdünntes Medium auf die Himmelskörpe könnte, etwas näher zu untersuchen.

Wir haben bereits oben[3] auf die wichtigen Resulta merksam gemacht, welche man durch die Differenti constanten Gröſsen einer gegebenen Gleichung erhalten Das gegenwärtige Problem giebt uns Gelegenheit, das Rede stehende Verfahren weiter auszudehnen und di trefflichkeit dieser Methode noch näher kennen zu lern meisten ausgebildet aber findet man sie in der Theorie genannten *säculären Störungen* der Planeten, die zu grange in seiner unsterblichen *Mécanique analytique* stellt hat und die später besonders von Laplace und P weiter entwickelt worden ist. Immerhin darf wenigst einfache und auf ihre Grundprincipien reducirte Darstell

---

1 S. Art. *Pendel*. Bd. VII. S. 332.

2 M. s. darüber nebst dem, was bereits in dem Art. P 346 u. f. gesagt wurde: Bessel, Untersuchungen über die L einf. Secundenpendels. Berlin 1828; Francis Baily, On the of Pendulum. London 1832. S. 433 und Poisson Mécanique. Vol. I. S. 363. Von vorzüglichem Einfluſs ist der Widerstand auf die Bahnen der Geschützkugeln, wovon man das Nothw reits oben Art. *Ballistik* Bd. I. S. 697 gesammelt findet.

3 S. Art. *Umhüllung*. Bd. IX. S. 1209.

Digitized by Google

merkwürdigen Verfahrens, durch welches unsere mathema- e Analysis gleichsam eine neue Gestalt gewonnen hat und n Anwendung auf Gegenstände der Physik den gröſsten en für diese Wissenschaft verspricht, in einem Werke r Art nicht vermiſst werden.

Nennt man x und y die rechtwinkligen Coordinaten eines en, wo x in der Linie der Nachtgleichen und x.y in Ebene der Ekliptik und wo der Anfangspunct dieser Coor- n zugleich der Mittelpunct der Sonne ist, so hat man tlich zur Bestimmung der Bahn, welche der Planet um nne beschreibt, vorausgesetzt, daſs die gegenseitige Anzie- dieser Körper sich direct wie ihre Massen und verkehrt as Quadrat ihrer Entfernung verhält, die beiden Diffe- gleichungen der zweiten Ordnung

$$\left.\begin{array}{l} \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + \frac{\mu x}{r^3} = 0 \\ \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{\mu y}{r^3} = 0 \end{array}\right\} \ldots \quad (I)$$

$= \sqrt{x^2 + y^2}$ die Entfernung des Planeten von der Sonne, e constante Gröſse und endlich ∂t das Element der Zeit chnet[1].

Wir wollen uns bei der Integration dieser beiden Glei- en nicht anfhalten, sondern nur bemerken, daſs, wenn ste durch ∂x und die zweite durch ∂y multiplicirt wird, umme dieser Producte giebt

$$\frac{\partial x^2 + \partial y^2}{\partial t^2} = \frac{2\mu}{r} - \frac{\mu}{a},$$

die Constante der Integration bezeichnet. Multiplicirt man die erste jener Gleichungen durch y und die zweite durch giebt die Differenz dieser Producte

$$\frac{x \partial y - y \partial x}{\partial t} = \sqrt{\mu p},$$

wieder p die Constante der Integration ist. Nennt man v den Winkel, welchen der Radius Vector r mit der Axe bildet, oder ist v die sogenannte *wahre Länge* des Pla- , so hat man

---

1 Vergl. Art. *Mechanik*. Bd. VI. S. 1569.

Digitized by Google

$$x = r\, \text{Cos.}\, \nu \text{ und } y = r\, \text{Sin.}\, \nu,$$

und wenn man diese Werthe von x und y und ihre Di[...]tiale in die zwei vorhergehenden Gleichungen substitui[...] gehn sie dadurch in folgende über:

$$\left.\begin{array}{l} \frac{\partial r^2 + r^2 \partial \nu^2}{\partial t^2} = \frac{2\mu}{r} - \frac{\mu}{a} \\ \frac{r^2 \partial \nu}{\partial t} = \sqrt{\mu p} \end{array}\right\} \ldots \text{(II)}$$

die man auch so schreiben kann, um die beiden zuve[...]führten Constanten a und p wieder zu entfernen:

$$\left.\begin{array}{l} \frac{\partial . (\partial r^2 + r^2 \partial \nu)}{\partial t^2} - 2\mu\, \partial . \frac{1}{r} = 0 \\ \partial . r^2 \partial \nu \quad = 0 \end{array}\right\} \ldots \text{(II)}$$

Diese Gleichungen (II), oder die ihnen unmittelbar v[...]henden, sind als die ersten Integrale der Gleichungen [...] zusehn, und von ihnen giebt, wie man sieht, die [...] *Geschwindigkeit* des Körpers in seiner Bahn, die [...] drückt das bekannte Gesetz aller Centralbewegungen au[...] die von dem Radius Vector beschriebene Fläche der Z[...] portional ist. Die endlichen Integrale der Gleichungen [...] die man in allen besseren Lehrbüchern der Mechanik [...] Astronomie entwickelt findet und die auch bereits obe[...] getheilt wurden, sind folgende:

$$\left.\begin{array}{l} r = a(1 - e\, \text{Cos.}\, u) \\ n t + E - \omega = u - e\, \text{Sin.}\, u \\ \text{Tang.}\, \tfrac{1}{2}(\nu - \omega) = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}\, \text{Tang.}\, \tfrac{1}{2}\, u \end{array}\right\} \ldots \text{(III)}$$

In diesen Ausdrücken bezeichnen r und ν den Radius[...] und die wahre Länge des Planeten, wie zuvor, und üb[...]

E die sogenannte Epoche oder die mittlere Länge d[...] neten für die Zeit $t = 0$;

ω die Länge des Periheliums der elliptischen Plane[...] oder den Winkel, welchen der kürzeste Radius Ve[...] Planeten mit der Axe der x macht;

---

1 S. Art. *Mittlerer Planet.* Bd. VI. S. 2313.

Digitized by Google

e halbe groſse Axe und ae die Excentricität der ellip-
schen Bahn;
e mittlere tägliche Bewegung des Planeten, also auch
-E—ω die sogenannte mittlere Anomalie des Planeten.

e Gröſse u endlich (oder die excentrische Anomalie) er-
hier nur als eine Hülfsgröſse zur bequemeren Berech-
so daſs demnach die beiden ersten der Gleichungen (III), chen man u eliminiren kann, als eine einzige Gleichung chten sind. Diese Gleichungen (III) sollen uns näm-
den Stand setzen, für jede gegebene Zeit t den wahren Planeten in seiner Bahn zu bestimmen. In der That ch die zweite jener Gleichungen für jeden Werth von ülfsgröſse u. Kennt man aber u, so giebt die erste leichungen den Radius Vector r, und die dritte end-
wahre Länge v. Durch diese beiden Gröſsen r und v wie man sieht, der gesuchte Ort des Planeten voll-
bestimmt.

vier Gröſsen a, e, E und ω sind also die vier will-
, aber constanten Gröſsen, die durch die doppelte In-
der zwei Gleichungen (I) eingeführt worden sind; e n aber ist eine andere Constante, die nach dem be-
Gesetze Kepler's mit der Gröſse a und der anfangs ten Gröſse μ durch folgende Gleichung:

$$a^3 . n^2 = \mu \text{ oder } n = \frac{\sqrt{\mu}}{a\sqrt{a}}$$

n ist.

aus diesen Gleichungen (III) auch noch die Gleichung zwischen den beiden Polarcoordinaten r und v ab-
so kann man den Ausdruck

$$\text{Tang.}^2 \frac{u}{2} = \frac{1-e}{1+e} . \text{Tang.}^2 \frac{v-\omega}{2}$$

folgende Weise schreiben:

$$\frac{1-\text{Cos.}\, u}{1+\text{Cos.}\, u} = \frac{1-e}{1+e} . \frac{1-\text{Cos.}\,(v-\omega)}{1+\text{Cos.}\,(v-\omega)},$$

der letzten Gleichung folgt sofort

$$\text{Cos.}\, u = \frac{e+\text{Cos.}\,(v-\omega)}{1+e\,\text{Cos.}\,(v-\omega)}.$$

Digitized by Google

Substituirt man aber diesen Werth von Cos. u in der ersten Gleichungen (III), so erhält man

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1+e\,\mathrm{Cos.}(\nu-\omega)},$$

und dieses ist demnach die gesuchte Gleichung der Bahn, also

eine Ellipse ist, wenn a positiv, oder auch wenn e<
— Hyperbel –, — a negativ, — — — e>
— Parabel –, — a unendlich, — — — e=

Stellen wir demnach die Gleichungen (III) noch einmal besseren Uebersicht zusammen, so hat man, wenn man Kürze wegen die Constante $a(1-e^2) = p$ setzt:

$$\left.\begin{array}{l} r = a(1 - e\,\mathrm{Cos.}\,u) = \dfrac{p}{1+e\,\mathrm{Cos.}(\nu-\omega)} \\ \left(\dfrac{\mu}{a^3}\right)^{\frac{1}{2}}.t + E - \omega = u - e\,\mathrm{Sin.}\,u \\ \mathrm{Tang.}\tfrac{1}{2}(\nu-\omega) = \sqrt{\dfrac{1+e}{1-e}}.\,\mathrm{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\,u \end{array}\right\} \ldots \text{(III)}$$

Ehe wir aber weiter gehn, wird es nicht überflüssig sein zeigen, daſs diese Gleichungen (III) auch in der That, wir oben gesagt haben, die endlichen Integrale der vorhenden Gleichungen (I) oder (II) sind.

Zu diesem Zwecke wird man nun die Gleichungen in Beziehung auf die in ihnen enthaltenen Variabeln ν, und u wieder differentiiren. Man wird so erhalten:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{\mu}{a}},$$

$$\frac{\partial \nu}{\partial t} = \frac{\sqrt{\mu p}}{r^2},$$

$$\frac{\partial r}{\partial t} = e\left(\frac{\mu}{p}\right)^{\frac{1}{2}}.\mathrm{Sin.}(\nu-\omega).$$

Substituirt man aber diese Werthe von $\frac{\partial \nu}{\partial t}$ und $\frac{\partial r}{\partial t}$ in dem drucke

Digitized by Google

$$\frac{\partial r^2 + r^2 \partial v^2}{\partial t^2},$$

hält man

$$\mu\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right),$$

in der ersten der Gleichungen (II), und substituirt man fundenen Werth von $\frac{\partial v}{\partial t}$ in $\frac{r^2 \partial u}{\partial t}$, so erhält man $\sqrt{\mu p}$, der zweiten der Gleichungen (II).

as Vorhergehende über die Bewegung der Planeten im Raume vorausgeschickt, wollen wir nun sehn, welchen s auf diese Bewegung ein in dem Weltraume verbrei-Medium von sehr geringer Dichtigkeit haben würde. Wir auch hier den Widerstand eines solchen Mittels dem te der Geschwindigkeit und der Dichte ϱ des Mittels ional an, so daſs also dieser Widerstand durch

$$\varrho \cdot \frac{\partial s^2}{\partial t^2}$$

ückt wird, wo ∂s das Element des Bogens der Plane-bezeichnet. Dieser Widerstand hat nach der Richtung Bogens oder nach der Richtung der Tangente der Pla-n statt. Um ihn daher nach der Richtung der Axen nd der y zu zerlegen, wird man ihn mit dem Cosinus nkels multipliciren, welchen die Tangente mit diesen Axen bildet. Diese Cosinus sind aber $\frac{\partial x}{\partial s}$ für die Axe nd $\frac{\partial y}{\partial s}$ für die Axe der y, so daſs daher der Wider-r die erste Axe

$$\varrho \cdot \frac{\partial s^2}{\partial t^2} \cdot \frac{\partial x}{\partial s} = \varrho \frac{\partial s . \partial x}{\partial t^2}$$

die zweite

$$\varrho \cdot \frac{\partial s^2}{\partial t^2} \cdot \frac{\partial y}{\partial s} = \varrho \frac{\partial s . \partial y}{\partial t^2}$$

rd. Demgemäſs hat man daher für die Gleichungen der g des Planeten, die den vorhergehenden Gleichungen rechen:

Digitized by Google

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + \frac{\mu x}{r^3} + \varrho \cdot \frac{\partial s \partial x}{\partial t^2} = 0 \\ \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{\mu y}{r^3} + \varrho \cdot \frac{\partial s \partial y}{\partial t^2} = 0 \end{aligned}\right\} \ldots \quad (I')$$

Verfährt man mit ihnen, wie man zuvor mit den Gleich (I) verfahren ist, so erhält man folgende, den Gleichung analoge Ausdrücke:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial.(\partial r^2 + r^2 \partial v^2)}{\partial t^2} - 2\mu\partial.\frac{1}{r} + \frac{2\varrho(\partial r^2 + r^2\partial v^2)}{\partial t^2}.\partial s = 0 \\ \partial.r^2\partial v + \varrho r^2 \partial v.\partial s = 0 \end{aligned}\right\} \ldots$$

Man sieht, daſs die Gleichungen (I′) von den (I) un ebenso die Gleichungen (II′) von den (II) nur durch d multiplicirte Glied verschieden sind. Da aber ϱ oder die tigkeit des Aethers, in welchem wir die Bewegung der ten angenommen haben, nur äuſserst gering gegen alle uns bekannte widerstehende Mittel, selbst gegen die Lu kann, so wird also auch dieses Glied, welches den schied zwischen den Gleichungen (I) und (I′), so wi schen den Gleichungen (II) und (II′) constituirt, ebenf als sehr gering zu achten seyn.

Nun sind aber von den Differentialgleichungen (I) die endlichen Integrale in den Gleichungen (III) gege wir werden daher mit Recht schlieſsen, daſs auch d übrigens noch unbekannten endlichen Integrale der ne ferentialgleichungen (I′) und (II′) von den vorhergeh tegralgleichungen (III) ebenfalls nur um sehr kleine, in Gröſse ϱ multiplicirte Gröſsen verschieden seyn müsse wie soll man unter dieser Voraussetzung zu diesen e Integralen der Gleichungen (I′) gelangen?

Die Gleichungen (III) sind, wie wir gesehn haben endlichen Integrale der Gleichungen (I) zu betrachten sie auch die vier constanten Gröſsen α, e, E und ω e welche durch die doppelte Integration der zwei Gleich eingeführt werden. Diese Gleichungen (III) gehören ebenfalls schon bemerkt haben, für eine Ellipse, ode lich für denjenigen Kegelschnitt, welchen der Planet,

Digitized by Google

freien Raume bewegt, um die Sonne, die in dem ei-
npuncte dieses Kegelschnitts ruht, beschreibt. Ist nun
n, in welchem sich der Planet bewegt, nicht mehr
, sondern mit Aether, mit einer Masse von sehr ge-
chtigkeit, erfüllt, so wird man doch annehmen können,
hier noch der Planet in jedem Augenblicke das Ele-
s elliptischen Bogens beschreibt, daſs aber auch dieses
m Ende eines jeden Augenblicks durch den Einfluſs
rs gestört oder unendlich wenig verändert wird, so
ach der Planet, durch die Wirkung des widerste-
ittels, zwar noch immer in einer Ellipse, aber in
n Augenblick veränderten Ellipse einhergeht, oder
Worten, die neue Bahn des Planeten wird auch
als eine Ellipse, aber als eine Ellipse mit veränder-
nenten zu betrachten seyn, oder endlich, die endli-
hungen (III), welche die Integrale von (I) für den
n sind, werden auch noch die Integrale von den
n (I') vorstellen können, wenn man nur in ihnen
nstanten Gröſsen a, e, E und ω, welche die Ele-
Planetenbahn vorstellen, jetzt als *veränderliche*
rachtet.

man sich vorstellt, daſs man die Ellipse (nämlich
te Ellipse im leeren Raum) für jeden einzelnen Au-
ch den für diesen Augenblick statt habenden Wer-
e, E und ω construirt, so werden sich alle diese
e unendlich nahe an einander liegen und deren jede
chst vorhergehenden nur unendlich wenig verschie-
zwei und zwei in ihren Peripherieen schneiden, und
urchschnittspuncte werden eine andere krumme Li-
welche alle jene speciellen Ellipsen *einhüllt*, so
ener speciellen Ellipsen in ihrem Durchschnitts-
der nächstfolgenden jene sie alle einhüllende Curve
auf diese Weise für jeden dieser Puncte, die ei-
ciellen Ellipsen und der einhüllenden Curve ge-
h zugehören, nicht nur die endlichen Werthe der
en Coordinaten x, y oder, was dasselbe ist, nicht
ichen Werthe der Polarcoordinaten v und r, son-
der erwähnten Tangirung beider Curven auch ihre
entiale ∂v und ∂r dieselben seyn müssen, so wird
ichungen (II) und (III), so wie auch die Glei-

chungen (II') als coexistirend betrachten können, wenn
nur in den endlichen Gleichungen (III) die vier erw
Gröſsen a, e, E und ω nicht mehr als beständige, sonde
veränderliche Gröſsen behandelt.

Diesem gemäſs wird man also, ganz analog mit dem,
oben[1] gesagt worden ist, die Gleichungen (II) sowohl, al
die Gleichungen (III) in Beziehung auf diese vier Cons
differentiiren und die so erhaltenen Ausdrücke mit den
Gleichungen (II'), die mit jenen coexistiren, zusamm
können. Auf diese Weise werden die zwei Gleichungen (I
zwei Differentialgleichungen zwischen ∂a, ∂e, ∂E u
geben. Ganz ebenso werden aber auch die drei Gleich
(III), die wegen der zwischen ihnen zu eliminirende
Gröſse u eigentlich nur zwei Gleichungen gleichgeltend
wieder zwei Differentialgleichungen zwischen ∂a, ∂e,
$\partial \omega$ geben, und aus diesen vier Differentialgleichung
man, auf dem gewöhnlichen Wege der Elimination d
jede dieser vier Differentiale ∂a, ∂e, ∂E und $\partial \omega$ fin
denen, wenn man sie integrirt, die gesuchten Ausdrück
veränderlichen Elemente jener Ellipse geben werden,
Gleichungen (I') oder (II') für die Bewegung des Pla
widerstehenden Mittel entspricht.

Wir wollen nun diese vier Differentiationen
und zuerst die endlichen Gleichungen (III) vornehmen,
denen wir aber, der gröſseren Einfachheit des Calcüls
statt der letzten

$$\text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}(\nu-\omega)=\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}\,.\,\text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\,u$$

die bekannte und auch oben schon angeführte allgeme
Gleichung der Ellipse

$$r=\frac{a(1-e^2)}{1+e\,\text{Cos.}\,(\nu-\omega)}$$

substituiren wollen, so daſs man daher für die Gleichun
die folgenden Ausdrücke haben wird:

$$\left.\begin{aligned} r&=a(1-e\,\text{Cos.}\,u)\\ nt+E-\omega&=u-e\,\text{Sin.}\,u\\ r+r\,e\,\text{Cos.}\,(\nu-\omega)&=a(1-e^2)\end{aligned}\right\}\;\ldots\;\text{(III)}$$

1 S. Art. *Umhüllung* a. a. O.

wir die Differentiation dieser Gleichungen vornehmen, be-
m wir noch, daſs man hat

$$\partial.nt = n\partial t + t\partial n,$$

uch, wenn man integrirt,

$$nt = \int n\partial t + \int t\partial n.$$

h geht die zweite der Gleichungen (III) über in

$$\int n\partial t + \int t\partial n + E - \omega = u - e\,\mathrm{Sin.}\,u.$$

r E die mittlere Länge des Planeten für die Epoche, r man die Zeit t zu zählen anfängt, bedeutet, so kann e Gröſse $\int t\partial n$ als schon in dem Werthe dieser Epoche lten annehmen, so daſs daher die letzte Gleichung in e übergeht:

$$\int n\partial t + E - \omega = u - e\,\mathrm{Sin.}\,u.$$

ifferential dieser Gleichung in Beziehung auf jene vier ten ist, wenn man auch die Gröſse u als eine Function n Constanten betrachtet,

$$\partial E - \partial\omega + \partial e.\mathrm{Sin.}\,u - \partial u(1 - e\,\mathrm{Cos.}\,u) = 0$$

f gleiche Weise giebt auch die erste der Gleichungen

$$a(1 - e\,\mathrm{Cos.}\,u) - a\partial e\,\mathrm{Cos.}\,u + ae\partial u\,\mathrm{Sin.}\,u = 0.$$

t man aus diesen zwei Gleichungen die Gröſse ∂u, so

$$e\,\mathrm{Cos.}\,u)^2 + a\partial e(e - \mathrm{Cos.}\,u) + ae(\partial E - \partial\omega).\mathrm{Sin.}\,u = 0.$$

s diesem letzten Ausdrucke auch noch die Gröſse u selbst niren, hat man die bekannten goniometrischen Glei- n:

$$s.u = \frac{1 - \mathrm{Tang.}^2 \frac{1}{2}u}{1 + \mathrm{Tang.}^2 \frac{1}{2}u}; \quad \mathrm{Sin.}\,u = \frac{2\,\mathrm{Tang.}\,\frac{1}{2}u}{1 + \mathrm{Tang.}^2 \frac{1}{2}u}.$$

an darin nach der letzten der drei vorigen Gleichun-) die Gröſse

$$\mathrm{Tang.}\,\tfrac{1}{2}u = \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}.\mathrm{Tang.}\,\tfrac{1}{2}(\nu - \omega),$$

t man

$$= \frac{e + \mathrm{Cos.}(\nu - \omega)}{1 + e\,\mathrm{Cos.}(\nu - \omega)} \text{ und } \mathrm{Sin.}\,u = \frac{\sqrt{1 - e^2}.\mathrm{Sin.}(\nu - \omega)}{1 + e\,\mathrm{Cos.}(\nu - \omega)},$$

durch geht die vorhergehende Differentialgleichung in nde über:

$$\partial a.\frac{(1-e^2)}{1+e\,Cos.(\nu-\omega)}-a\partial e\,Cos.(\nu-\omega)+\frac{ae(\partial E-\partial\omega)}{\sqrt{1-e^2}}Sin.(\nu-$$
$$=0.$$

Dieses ist die erste der gesuchten Differentialgleichungen, zweite aber erhält man sofort aus der letzten der Gleich (III) oder aus

$$r+r\,e\,Cos.\nu\,Cos.\omega+r\,e\,Sin.\nu\,Sin.\omega=a(1-e^2),$$

deren Differential nämlich ist

$$r\,Cos.\nu.\partial(e\,Cos.\omega)+r\,Sin.\nu.\partial(e\,Sin.\omega)=\partial.a(1-e^2).$$

Nachdem wir so die Differentiale der Gleichungen (I halten haben, sind nur noch die der Gleichungen (II) Differentiale von

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial r^2+r^2\partial\nu^2}{\partial t^2}-\frac{2\mu}{r}+\frac{\mu}{a}=0\\ r^2\partial\nu=\sqrt{\mu a(1-e^2)}.\partial t\end{aligned}\right\}\;\ldots\;(II)$$

zu bestimmen übrig.

Die erste derselben giebt

$$\partial.\left(\frac{\partial r^2+r^2\partial\nu^2}{\partial t^2}\right)-2\mu.\partial\frac{1}{r}+\mu\partial.\frac{1}{a}=0$$

Aber die erste der Gleichungen (II') war

$$\partial.\left(\frac{\partial r^2+r^2\partial\nu^2}{\partial t^2}\right)-2\mu\partial.\frac{1}{r}=-2\varrho(\partial r^2+r^2\partial\nu^2$$

also ist auch

$$\mu\partial.\frac{1}{a}=2\varrho(\partial r^2+r^2\partial\nu^2).\frac{\partial s}{\partial t^2},$$

und wenn man hierin den obigen Werth von

$$\frac{\partial r^2+r^2\partial\nu^2}{\partial t^2}=\frac{2\mu}{r}-\frac{\mu}{a}$$

aus den Gleichungen (II) substituirt,

$$\partial.\frac{1}{a}=2\varrho\left(\frac{2}{r}-\frac{1}{a}\right).\partial s\;\ldots\;(3)$$

Ebenso giebt endlich die letzte der Gleichungen (II)

$$\partial.r^2\partial\nu'=\sqrt{\mu}.\partial.\sqrt{a(1-e^2)}.\partial t.$$

Da aber die zweite der Gleichungen (II')

Digitized by Google

$$\partial . r^2 \partial v = - \varrho r^2 \partial v . \partial s$$

, so hat man

$$\sqrt{\mu} . \partial . \sqrt{a(1-e^2)} \partial t = - \varrho r^2 \partial v \partial s,$$

ndlich, wenn man darin den vorigen Werth von

$$r^2 \partial v = \sqrt{\mu} . \sqrt{a(1-e^2)} . \partial t$$

rt,

$$\partial . \sqrt{a(1-e^2)} = - \varrho \partial s . \sqrt{a(1-e^2)} \quad . \; . \; . \quad (4)$$

e Gleichungen (1) bis (4) sind die gesuchten Differen-drücke zwischen den Variationen ∂a, ∂e, ∂E und $\partial \omega$ r elliptischen Elemente.

stituirt man in ihnen statt r den bereits öfter ange-Ausdruck

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1 + e \operatorname{Cos.}(v - \omega)},$$

s in bloſsen Functionen des Winkels v auszudrücken, cirt man diese vier Gleichungen durch Elimination auf die nur eine einzige der vier Gröſsen ∂a, ∂e, ∂E und lten, so bekommt man folgende Endgleichungen:

$$\left.\begin{array}{l} \frac{2\varrho a}{1-e^2}(1 + 2e \operatorname{Cos.}(v-\omega) + e^2)\partial s \\ 2\varrho(e + \operatorname{Cos.}(v-\omega))\partial s \\ 2\varrho \operatorname{Sin.}(v-\omega) . \partial s \\ \frac{2\varrho e \operatorname{Sin.}(v-\omega) . (\sqrt{1-e^2} - e^2 - e \operatorname{Cos.}(v-\omega))}{(1 + e \operatorname{Cos.}(v-\omega)) . (1 + \sqrt{1-e^2})} \end{array}\right\} \quad . \; . \; . \quad (Q)$$

th von $\partial s = \sqrt{r^2 \partial v^2 + \partial r^2}$ wird, wie aus der Glei-

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1 + e \operatorname{Cos.}(v-\omega)}$$

ferentiation folgt,

$$\partial s = \frac{a(1-e^2) . \sqrt{1 + 2e \operatorname{Cos.}(v-\omega) + e^2}}{(1 + e \operatorname{Cos.} v - \omega))^2},$$

n Werth von ∂s wird man daher in den Gleichun-substituiren, um sie zu bloſsen Functionen des Win-machen.

Digitized by Google

Ist aber, wie es bei den älteren Planeten der Fall ist,
Excentricität e nur klein, so daſs man die zweiten und
heren Potenzen derselben vernachlässigen kann, so geh
vorhergehenden Gleichungen (Q) in folgende einfacher

$$\left.\begin{aligned} \partial a &= -2\varrho a^2 \partial v \\ \partial e &= -2\varrho a \,\text{Cos.}(v-\omega).\partial v \\ e.\partial\omega &= -2\varrho a \,\text{Sin.}(v-\omega).\partial v \\ \partial.E &= +2\varrho a e \,\text{Sin.}(v-\omega).\partial v \end{aligned}\right\}\ldots (R)$$

Sieht man, wie es wohl bei diesen Untersuchungen erl
die Dichtigkeit ϱ des Aethers für alle Orte unseres Pl
systems als constant an, so sind die Gleichungen (R
leicht zu integriren. Bezeichnet man nämlich durch $\varDelta$
$\varDelta\omega$ und $\varDelta E$ die gesuchten veränderlichen Theile von
ω und E, so findet man durch diese Integration

$$\left.\begin{aligned} \varDelta a &= -2\varrho a^2.v \\ \varDelta e &= -2\varrho a \,\text{Sin.}(v-\omega) \\ e.\varDelta\omega &= -2\varrho a \,\text{Cos.}(v-\omega) \\ \varDelta E &= -2\varrho a e \,\text{Cos.}(v-\omega) \end{aligned}\right\}\ldots (S)$$

Diese Gleichungen (S) zeigen, daſs durch den Widerst
nes sehr feinen Aethers die groſse Axe 2 a der Plan
ohne Ende abnehmen muſs, und daſs im Gegentheil
drei andern Elemente e, E und ω nur periodische S
entstehn, die mit jeder Revolution des Planeten um d
wiederkehren.

Da überdieſs die Gröſse

$$n = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}$$

ist, so hat man auch

$$\varDelta n = -\tfrac{3}{2}\varDelta a \sqrt{\frac{\mu}{a^5}}$$

oder, was dasselbe ist,

$$\varDelta n = +3\varrho a n.v.$$

Es war aber n die mittlere tägliche Bewegung des
oder die *Winkelgeschwindigkeit* desselben, die dah
den Widerstand des Mittels ebenfalls ohne Ende

ibe gilt auch von der wahren mittleren Geschwindigkeit
ier Bahn oder in der Richtung der Tangente dieser Bahn.
Geschwindigkeit ist nämlich gleich a n, also auch die
derung derselben $a \Delta n + n \Delta a$. Substituirt man aber in
n Ausdrucke für Δa und Δn die oben gefundenen Wer-
so erhält man für diese Tangentialgeschwindigkeit den
uck

$$\varrho a^2 n . \nu .$$

isten Gefahr für die Erhaltung des Planetensystems würde
ch die von dem Widerstande des Aethers kommende Ver-
rung $\Delta a = -2 \varrho a^2 . \nu$ der groſsen Axe der Planeten-
ingen. Nach ihr würde diese Verminderung für $\nu = 2\pi$
r jede Umlaufszeit des Planeten gleich $4 \pi \varrho a^2$ seyn, und
ge davon müſste seyn, daſs der Planet endlich in die
stürzen würde. Wenn übrigens in unserm Planetensy-
in solches widerstehendes Mittel in der That gefunden
n soll, so müſste sich dasselbe vorzüglich bei der Be-
g der Kometen offenbaren, weil ihre Masse sehr klein
r Volumen gewöhnlich so groſs ist.

L.

Widerstand der Mittel.

chichtlicher und experimenteller Theil.

i der vorausgehenden Abhandlung hat der für die ge-
Welt und seine zahlreichen Freunde zu früh verstorbene
TTROW eine treffliche mathematische Theorie des Wider-
s gegeben. Nach der im Ganzen bei der Bearbeitung der
alischen Probleme in unserm Werke befolgten Methode
ber zugleich eine, so weit als nöthig ist, vollständige
icht der früheren Leistungen gegeben, damit die Physiker,
ie irgend einen Gegenstand durch neue Untersuchungen
zu fördern veranlaſst werden, auf der bereits vorhande-
rundlage fortbauen können. Es scheint mir daher nicht
angemessen, sondern eigentlicher nothwendig, eine Ue-
ht der bisherigen wichtigsten Leistungen in diesem Ge-
hinzuzufügen. Hieraus wird hervorgehn, was für eine
Menge der gewiegtesten Mathematiker und Physiker sich

mit dieſem Probleme beſchäftigt haben, ſo daſs es zu viel langt wäre, wollte man beabſichtigen, alle einzeln namhaf machen, was auch überflüſſig seyn würde, da man nicht kann, daſs das Problem durch die einander folgenden U ſuchungen ſchrittweiſe weiter gefördert und endlich vol men gelöſt worden ſey, - vielmehr harrt es noch immer endlichen Löſung, wenn dieſe anders überhaupt mögl

Man hat die Aufgabe, den Widerſtand der Mittel finden, auf zwei verſchiedenen Wegen zu erledigen entweder indem man die Kraft zu ermitteln ſuchte, we fordert wird, um einen feſten Körper in der ruhend ſigkeit zu bewegen, oder indem man denjenigen Eff welchen die bewegte Flüſſigkeit gegen einen ruhenden ausübt, weil man beides für gleich hielt, was aber nich der Fall iſt. Die Unterſuchung des letzteren gehört zum *der Körper*, und hierüber iſt das Nöthige bereits oben bracht worden, auſser dem, was ſich auf die expanſiblen Flü ten bezieht und in den Art. *Wind* und *Windmühle* ein netere Stelle findet. Hier wird demnach im Allgemei von dem Widerſtande die Rede ſeyn, welchen die ru oder mindeſtens als ruhend angenommenen Flüſſigkeit in ihnen bewegten feſten Körpern entgegenſetzen, verſchiedene der zu erwähnenden Abhandlungen beide nigen. Endlich lieſsen ſich auch die Unterſuchungen ü Widerſtand, welchen die Luft den in ihr bewegten entgegenſetzt, von denjenigen trennen, wodurch der ſtand des Waſſers (denn dieſe beiden Flüſſigkeiten ha zunächſt im Auge) ermittelt werden ſollte, da aber be häufig mit einander verbunden ſind, ſo erſcheint dieſe nung minder zweckmäſsig.

1) Die ganze Aufgabe kam zuerſt in Anregung, LILEI die Geſetze des Falles aufgefunden und das ſog *balliſtiſche Problem*[2] hierauf gegründet hatte. Un früheſten Verſuche zur Auffindung der Geſetze des Wid des ſind diejenigen zu zählen, welche von der Akade Cimento[3] mit Kugeln aus einer Muskete geſchoſſen w

1 S. Art. *Stoſs*. Bd. VIII. S. 1099.

2 S. Art. *Balliſtik*. Bd. I. S. 698.

3 MUSSCHENBROEK Tentamina experimentorum natural p. 117.

Digitized by Google

ten, wobei sich ergab, daſs die aus gröſseren Höhen ge-
ssenen mit geringerer Kraft aufschlugen, als die unmittel-
us dem Laufe fahrenden. An diese schlieſsen sich zunächst
von Riccioli[1], welche dieser in Verbindung mit andern
ten vom Jahre 1640 bis 1650 anstellte, indem er leich-
nd schwere, hohle und massive Kugeln von etwa 280
Fuſs Höhe herabfallen, andere aber im Wasser niedersin-
der aufsteigen lieſs und die ungleiche, hierzu erforderli-
eit maſs. Unter die bedeutendsten Bemühungen gehören
gen, welche Dechales[2] auf dieses Problem verwandte,
er die aus Versuchen erhaltenen Gröſsen unter ein all-
es Gesetz zu bringen suchte, was jedoch nicht so ein-
n erhalten war, als das so eben von Galilei für den
Fall der Körper gefundene. Am bekanntesten und in
genden Zeit fast allein beachtet ist das durch Newton[3]
tellte Gesetz, wonach allgemein der Widerstand der ein-
Flüssigkeiten dem Quadrate der Geschwindigkeiten pro-
nal angenommen wird. Gleichzeitig und bald nachher
ftigten sich verschiedene Gelehrte mit diesem Probleme
llten den theoretisch wohl begründeten Satz auf, daſs
iderstand einer Flüssigkeit gegen eine in normaler Rich-
auf dieselbe bewegte Fläche dem Gewichte einer Säule
Flüssigkeit von der Basis der gegebenen Fläche und ei-
öhe, woraus herabfallend sie die Geschwindigkeit der
en Fläche erhalten würde, gleich zu setzen sey. Unter
welche sich mit diesen Untersuchungen beschäftigten,
en vorzugsweise Leibnitz[4], Huyghens[5], Wallis[6]
Varignon[7] genannt zu werden. Letzterer setzt zuerst
ypothese voraus, wonach der Widerstand der Geschwin-
t proportional gesetzt wird, und sucht die Curve auf,
e ein Körper hiernach beschreiben müſste, zugleich prüft

1 Almagestum novum cet. 2 Voll. fol. Bologna 1651.
2 Cursus mathematicus Lyon. 3 T. fol. T. I. p. 278.
3 Philos. Nat. princ. math. L. II. sect. 1, 2 u. 3.
4 Acta Erud. Lips. 1689. p 39.
5 De causa gravitatis. p. 168.
6 Mechanica, sive de Motu. In Opp. math. T. II. C. 101. p. 438.
Trans. 1687. N. 185.
7 Hist. de l'Acad. 1707. p. 382. 1708. p. 113. 212. 251. 302. 419.
p. 69. 1710. p. 63. 193, 243. 491.

er aber auch die Hypothese, wonach der Widerstand de[illegible] drate der Geschwindigkeit proportional seyn soll, und diese angemessener. Die Untersuchungen wurden st[illegible] neue wieder durch den Umstand angeregt, daſs die V[illegible] die man zur Prüfung der Theorie anstellte, diese nich[illegible] ständig bestätigten, was sehr leicht begreiflich wird, we[illegible] die theoretisch vorausgesetzten Bedingungen mit der [illegible] Wirklichkeit statt findenden vergleicht. Diese beruhe[illegible] sächlich auf dem Umstande, daſs die elastischen Flüssi[illegible] durch den erlittenen Widerstand zusammengedrückt [illegible] alle Flüssigkeiten aber vor dem bewegten Körper abflie[illegible] die seitwärts befindlichen den hinten entstandenen Rau[illegible] der ausfüllen müssen.

2) Schon Newton lieſs im Jahre 1710 Versuche [illegible] Hawksbee in der Paulskirche zu London anstellen, [illegible] Resultate mit den durch Rechnung gefundenen sehr gu[illegible] einstimmten[1]. Dabei fielen verschiedene Kugeln von G[illegible] einer Höhe von 220 engl. Fuſs; die Zeiten ihres Fallens [illegible] den gemessen und mit denen verglichen, die sie ihrem [illegible] messer, ihrem Gewichte und der Dichte der Luft gemä[illegible] man 860mal dünner als das Wasser annahm, mit Rü[illegible] auf den vorhandenen Widerstand hierzu bedurften. [illegible] solche Weise gefundenen Gröſsen giebt folgende Tabelle

Gewichte		Durchmesser		Fallzeiten				berechnete Höhen.			
510	Gran	5,1	Zoll	8	Sec.	12	Tert.	226	Fuſs	11	Z[illegible]
642	—	5,2	—	7	—	42	—	230	—	9	—
599	—	5,1	—	7	—	42	—	227	—	10	—
515	—	5,0	—	7	—	57	—	224	—	5	—
483	—	5,0	—	8	—	12	—	225	—	5	—
641	—	5,2	—	7	—	42	—	230	—	7	—

Da die Fallhöhe 220 Fuſs betrug, so weichen die berech[illegible] hiervon im Maximum nur 10 F. 7 Z., im Minimum u[illegible] 5 Z. ab. Weit minder günstige Resultate gaben New[illegible] Versuche mit Pendeln aus Kugeln von verschiedener [illegible]

1 Phil. Nat. Princ. L. II. Prop. XL. Schol. gener. Hawks[illegible] perimenta physico-mechanica. Vergl. Musschenbroek Tentamina [illegible]

2 Principia Lib. II. Prop. XXXI. Schol. gen.

...gleichem Gewichte, indem vorzugsweise bei sehr kleinen ...gungen der Satz, daſs der Widerstand dem Quadrate ...schwindigkeit proportional sey, mit der Erfahrung nicht ...timmte. Es schien aus dieser vielmehr hervorzugehn, ... Widerstand durch zwei Ursachen erzeugt werde, von ... die eine dem Quadrate der Geschwindigkeit propor... ..., die andere aber, vorzüglich bei langsamen Bewe... ..., in einem hiervon abweichenden Verhältnisse sehr be... ...wirke, und er sah sich endlich genöthigt, die Unter... ... dieses zweiten Theils des Widerstandes gänzlich auf...

...Im Jahre 1719 stellte Desaguliers[1] zum Theil in ... von Halley, Jurin, Folkes und Graham eine Reihe ...chen an, wobei er leichte hohle Kugeln aus Schweins... ... 272 Fuſs Höhe herabfallen lieſs. Die Resultate wa... ...de:

Gewichte	Durchmesser	Fallzeiten	berechnete Höhen
128 Gran	5,28 Zoll	19 Sec.	271 Fuſs 11 Zoll
156 —	5,19 —	17 —	272 — 10,5 —
137,5 —	5,30 —	18,5 —	272 — 7 —
97,5 —	5,26 —	22 —	277 — 4 —
99,5 —	5,00 —	21,125 —	282 — 0 —

...imum der Abweichung beträgt hierbei nur 1 Zoll, das ... dagegen 10 Fuſs; in beiden Versuchsreihen; in die... ... in der früheren, fällt das Resultat der Erfahrung im ... unter das der Berechnung. Aehnliche Versuche, wel... ...aguliers über den Widerstand des Wassers anstellte, ...eich befriedigende Resultate. Uebrigens fand er zu... ... daſs dichte Bleikugeln von 2 Zoll Durchmesser in 4,5 ... 50 Fuſs und gläserne hohle Kugeln von 5,5 Zoll ...messer in 6 Sec. um 288 Fuſs weniger tief fielen, als ... leeren Raume gefallen seyn würden, woraus der groſse ...and der Luft evident hervorging.

Unter die ältesten Bemühungen, das Problem vom Wi...de der Mittel theils durch theoretische Betrachtungen,

---

[1] Philos. Trans. N. 362. T. XXX. XXXI.

Digitized by Google

theils durch die Erfahrung zu lösen, gehören ferner die MARIOTTE[1] in Gegenwart LA HIRE's[2] angestellten. nahmen theoretisch den oben bereits ausgesprochenen S daſs der Widerstand einer Flüssigkeit dem Stoſse de wenn sie mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werde, sey; zu den Versuchen wandte ersterer Kugeln an, die verschiedenen Höhen in der Spindel der Windeltrepp Pariser Sternwarte herabfallen lieſs und wobei er die mittelst der Schwingungen eines Pendels maſs, indem Schalle eine Geschwindigkeit von 1080 Fuſs in 1 Se legte. Die Fallhöhe von oben bis zum Brete, worauf geln fielen, betrug 166,5 Fuſs, und wenn die Resultate nau mit seiner Hypothese übereinstimmten, so lag die hiervon zunächst wohl an der Unvollkommenheit der V selbst. In Folge des wachsenden Widerstandes müssen Kugeln eine constante Geschwindigkeit in Zeiten an die sich bei denen von ungleichen Massen wie die Q wurzeln ihrer specifischen Gewichte, bei ungleich groſsen Quadratwurzeln ihrer Durchmesser verhalten sollten. Ma hat nach diesen Gesetzen ausführliche Tafeln berechne HIRE hielt es für unzweifelhaft, daſs der Widerstand si halte wie das Quadrat der Geschwindigkeit, die Grö selben könne aber nur durch Versuche ermittelt werden, wegen er, nicht befriedigt durch die eben erwähnten, nen die ungleiche Dichtigkeit der Luft unberücksichti blieben war, eigene mit verschiedenen Apparaten anstell Resultat will er gefunden haben, daſs eine in atmosph Luft fallende Bleikugel in der ersten Secunde $\frac{3}{4}$ Fuſs mithin nur durch einen Raum von 14 Fuſs falle, allgemein die durch den Widerstand der Luft erzeugte gerung der Geschwindigkeit eines frei fallenden Körp Fuſs betrage, wenn t die Zeit in Secunden bezeichnet. NEWTON's Pendelversuchen und aus den Resultaten, GÜNTHER zu Petersburg aus den Zeitintervallen lothrecht Höhe geschossener eiserner Kugeln bis zu ihrem Her erhielt, folgerte DAN. BERNOULLI[3], daſs der Widerstand

1 Traité de la Percussion ou du Choc des corps. 3me éd. Pa Oeuvres. Leide 1717. T. I. p. 99 ff.

2 Mém. de l'Acad. 1714. p. 333.

3 Comm. Acad. Petrop. T. II. p. 330. T. IV. p. 136.

Digitized by Google

Werthe, einen beständigen und einen andern, dem Quadrat der Geschwindigkeit proportionalen, ausgedrückt werden ..., ein Resultat, zu welchem auch s'GRAVESANDE[1] durch ... große Reihe von Versuchen gelangte. Auch D'ARCY's[2] ..., wodurch er neben anderen Aufgaben zugleich den ...and der Luft auszumitteln sich bemühte, verdienen er... zu werden. Er bediente sich bei denselben eines nach ... construirten, etwas von ihm verbesserten, ballistischen ..., als welches auch ROBINS angewandt hatte, schoſs ... dasselbe aus gemessenen Abständen Flintenkugeln, die ... auf das eiserne Pendel geschraubten Stahlplatte zu..., und berechnete dann aus der Gröſse des Bogens, ... das Pendel zurückgewichen war, die Geschwindigkeit der *Kugeln* bei ihrem Aufschlagen, wobei aus dem ...iede dieser und ihrer Anfangsgeschwindigkeit die Ver... *durch die* Luft oder die Gröſse des Widerstandes ...ing. Diese Bemühungen um die Lösung eines ebenso ...en, *als schwierigen* Problems, obgleich sie weniger be...ind, verdienen denen von ROBINS und HUTTON an... gesetzt zu werden, und gewähren noch gröſsere Be... wenn man sie mit den Anmerkungen verbindet, wel...BERT[3] über sie bekannt gemacht hat. D'ALEMBERT[4] ... nicht, das Problem, welchen Widerstand die im ... bewegten Körper erleiden, zu seiner eigenen Zufrie... aufzulösen, und L. EULER[5], welcher den Widerstand

---

1 ...ysices elementa mathem. T. I. §. 1908 ff.

2 ...ay d'une théorie d'Artillerie. Dresd. 1766. 8.

3 ...merkungen über die Gewalt des Schieſspulvers und den Wi... der Luft. Dresden 1766. 8. In dem gegenwärtigen Jahrhun... die im vorigen verhältniſsmäſsig sehr häufigen Versuche mit ... oder gegen das ballistische Pendel geschossenen Kugeln zur ...ng des Widerstandsgesetzes der Luft nicht weiter angestellt ... vermuthlich weil die Schwierigkeiten zu groſs sind, als daſs ...rch zu einem genügenden Resultate zu gelangen hoffen dürfte. ... möglich, gröbere Geschützkugeln in lothrechter Richtung em...ſsen, zugleich aber die erreichte Höhe und die Zeit ihres ... genau zu messen, so würde dieses Mittel sehr geeignet ... Gesetz des Widerstandes der Luft aufzufinden. Vergl. Dis... math. de lege resist. aëris in proiectilia. Auct. TENGSTRÖM. ...22.

4 Hist. de l'Acad. de Paris. 1753. p. 289.

5 Comm. Petrop. T. IV. p. 67. Nov. Comm. T. IV. p. 131. T. VI.

der Mittel wiederholt untersuchte und sich dabei speciell au den des Wassers gegen die bewegten Schiffe bezog, ge zu dem Resultate, daſs man die Aufgabe wohl auf analy Formeln zurückbringen könne, ohne daſs jedoch die An die erforderlichen Mittel besitze, die gefundenen Gleich aufzulösen.

5) Verschiedene Abhandlungen über diese Aufgabe nur im Vorbeigehn erwähnt werden, um einige der wich etwas mehr zu berücksichtigen. Dahin gehören die von LIS[1] über den Widerstand der Luft, von DERHAM[2] üb Schwingungen eines Pendels im leeren Raume, die viel lerdings gehaltreichen von VARIGNON[3], von MAUPER SULZER[5], LAMBERT[6] und einigen Andern. Die beiden zösischen Gelehrten, welche sich vorzugsweise um die lung dieses Problems verdient machten, COULOMB u BORDA[7], sind eben bereits genannt, auch ist die M beschrieben worden, deren sich der erstere zu seinen Ve bediente und bei welcher die von ihm so viel untersucht sion zum Grunde lag. Derjenige Apparat, welchen der anwandte, gleicht sehr den von den Engländern gebra Er besteht im Wesentlichen aus einem runden Gefäſ
Fig. 193. Weiſsblech AB, auf einer Unterlage CD ruhend, welc bei E rechtwinklig umgebogene Stange trug und mi Unterstützung α versehn war, um die eine Spitze der hungsmaschine aufzunehmen, deren andere Spitze in de β einen Anhaltpunct hatte. Die Rolle δ, mit der um

p. 338. T. VIII. p. 197. T. X. p. 156. T. XVII. p. 333. l'Acad. de Berlin 1753. p. 34. Auch in dessen Scientia navalis trop. 1749. 2 Voll. 4. Im Allgemeinen hat derselbe die Lehre derstande der Mittel schon in seiner Mechanik: Mechanica si scientia analytice exposita. 2 Voll. 4. Petrop. 1736. T. I. c 367 abgehandelt. Einen Auszug hieraus findet man in: A. G NER's Anfangsgründe der höheren Mechanik. 2te Aufl. Gö 1. Abth. S. 115.

1 Philos. Trans. 1686. T. XVI. p. 269.

2 Ebendaselbst 1704. T. XXIV.

3 Histoire de l'Acad. 1707. p. 193. 382. 1708. p. 123. 2 302 u. 319. 1710 u. 1711. p. 87 u. 248.

4 Ebend. 1730. p. 233. Hist. p. 94.

5 Mém. de l'Acad. de Berlin 1755. p. 104. 1761. p. 41.

6 Ebendaselbst. 1765. p. 102.

7 Mém. de l'Acad. 1763, 1767 u. 1770.

Digitized by Google

inen Schnur und dem Gewichte P, welches die Umdre-
der Maschine bewirkte, sind für sich klar. An einem
henden Arme war der Körper a befestigt, welcher durch
drehung der Maschine gegen das im Gefäſse AB be-
e ruhende Wasser bewegt werden sollte. Dieser bestand
er aus einer ganzen Kugel von 59 Lin. Durchmesser,
s der einen Hälfte derselben, im welchem letzteren Falle
r die krumme oder die gerade Durchschnittsfläche nor-
f die Bahn gerichtet war. Das Gewicht P setzte die
e in Bewegung, und nachdem diese gleichförmig ge-
war, zählte DE BORDA an einem halben Secundenpen-
Zahl der Schwingungen, welche bei verschiedenen Ge-
u zwei Umdrehungen durch einen ganzen Kreis er-
urden. Die auf diese Weise erhaltenen Gröſsen cor-
durch Abziehen desjenigen Gewichtes, welches den
für sich allein in gleich schnelle Bewegung zu setzen
e, und erhielt dann folgende verbesserte Werthe:

Gewichte	Pendelschwingungen Ebene Fläche	Runde Fläche	Ganze Kugel
Unzen	380,00	235,00	236,00
—	266,50	168,25	168,25
Pfund	186,50	117,25	117,75
—	132,14	83,00	83,17
—	92,17	58,83	59,00
—	65,83	41,50	41,62

n und andern oft wiederholten Versuchen folgerte er:
daſs der Widerstand des Wassers allgemein für alle
innerhalb der Grenzen der beobachteten Geschwindigkei-
Quadraten den letzteren proportional sey;
ſs der Widerstand gegen die Halbkugel und gegen die
gel gleich sey und demnach kein Einfluſs der hinteren
tatt finde.

mehrerwähnte bekannte Gesetz, wonach der Wider-
s Wassers gegen eine Kugel gleich seyn soll dem Ge-
iner Wassersäule von der Basis des gröſsten Kreises
el und der halben Höhe, welche der Geschwindigkeit
gten Kugel als Fallgeschwindigkeit zugehört, wurde
ier erhaltenen Resultate angewandt, und eine ausführ-

liche Berechnung ergab, daſs die Versuche mit der Th
Verhältniſs von 1240:1127 übereinstimmten, wonach
dieses Gesetz bestätigt schien. Die Widerstände g
Kreisfläche und die ihr zugehörige Kugel stehn im Ve
der Quadrate der Pendelschwingungen, also 380^2:2
allen gefundenen Zahlen geht im Mittel das Verhältniſs 2
oder nahe 5:2 hervor, und eben dieses fand DE Bo
für die Luft[1]. Zugleich stellte sich ein unerwarteter
würdiger Umstand heraus, indem sich der Widerst
die Kugel gröſser zeigte, wenn sie sich dicht unter
fläche des Wassers bewegte, als in der Mitte desselbe

6) Eine ähnliche Maschine, als die eben beschri
auch VINCE[2] zu seinen Versuchen angewandt. Sie
sich dadurch, daſs statt der Kugel vier Bleche an
rechtwinklig durchkreuzenden Armen in der Flüssig
Flächen normal oder unter einem beliebigen Winkel
Bahn geneigt, bewegt wurden. Nach der zur Deutlic
Fig. derselben genügenden Zeichnung bestand dieselbe a
194. soliden Bodenstücke AB, welches auf einem schwe
oder einer sonstigen möglichst unbeweglichen Unterla
schraubt wurde. Auf diesem war ein Rahmen CDE
richtet, um die stählerne Spindel festzuhalten, die mit
teren feinen Spitze a auf einer ausgehöhlten Stahlpl
bei γ durch einen messingnen Ring, der geringere
wegen, gesteckt war, und an ihrem oberen Ende b
trug, auf welcher die sich rechtwinklig durchkreuze
mit den Flügeln α, α, α, α befestigt waren. Um d
war in entgegengesetzten Windungen eine feine seide
gewunden, welche, über die Rollen δ, δ geschlungen,
Ende durch ein Gewicht P, P herabgezogen wurd
Vorrichtung des Ziehens nach entgegengesetzten Seit
lerdings sehr sinnreich ausgedacht, und giebt dieser
einen Vorzug vor der vorher beschriebenen und d
nachfolgenden, bei denen durch den einseitigen Zu
nehmendem Widerstande und vermehrtem Gewichte n
die Reibung gröſser werden muſste. Sollte die Ma

1 Mém. de l'Acad. 1763.

2 Philos. Trans. 1795. T. LXXXV. p. 24. 1798. T. LX

1. G. II. 401. IV. 34.

n mit Waſser dienen, so wurde die Spindel über b
erlängert, und daselbst oben die Schnur umgewunden,
der untere Theil mit den Flügeln in einem Behälter
ser stand. Die Maschine konnte übrigens sowohl mit
h mit 2 Flügeln versehn seyn, und wenn dieselben
recht, sondern in einem gewiſsen Winkel gegen die
: Ebene ihrer Bahn gerichtet waren, so gebrauchte
Vorsicht, die einander gegenüber stehenden Flügel
setzt zu drehn, damit nicht in Folge einer hieraus
den Hebung oder Herabdrückung die Friction der
ermindert oder vermehrt würde.

ei Versuchen mit dieser Maschine die Geschwindig-
wegung gemeſsen werden, so muſs man nothwendig
ounct des *Widerstandes* kennen, um deſsen Ab-
der Umdrehungsaxe oder den Halbmeſser des hier-
hriebenen Kreises zu wiſsen. Heiſst dieser Halb-
ler Flächeninhalt der Scheibe A, so ist ein Element
A, und wenn der Widerstand dem Quadrate der
keit proportional ist, wie man immerhin für diesen
genähert richtig annehmen kann, so ist für einen
Abstand $= x$ dieses Elementes von der Umdre-
r Widerstand $= x^2 . \partial A$ und endlich mit Rück-
Gesetz des Hebels $x^3 . \partial A$. Der Widerstand ge-
e Fläche wird also $= \int x^3 . \partial A$ seyn, und da man
hen Gründen $= a^3 . A$ setzen kann, so ist

$$\int x^3 . \partial a = a^3 A, \quad \text{also } a = \sqrt[3]{\frac{\int x^3 . \partial A}{A}}.$$

: des Flügels ein Rechteck, und heiſst der Ab-
ächsten Seite von der Umdrehungsaxe m, der ent-
ihre Höhe h, so ist $A = h(n - m)$ und $\partial A = h . \partial x$,

$$\frac{A}{} = \frac{h . \int x^2 . \partial x}{h(n - m)} = \frac{x^4}{4(n - m)} + \text{Const.}$$

Rechteck selbst und auch der Widerstand ver-
enn $x = m$ wird, so ist

$$\frac{m^4}{(n - m)} + \text{Const., also Const.} = \frac{-m^4}{4(n - m)},$$

[illegible]

... Liste, die zweite die für ... gefundenen ... die unter der Voraussetzung berechneten enthält, ... demnach der dritten Potenz des Sinus des Neig... proportional sey, die vierte endlich ... aus de...

Exponenten des Sinus des Neigungswinkels
diese Gröſsen gefunden wurden, ergiebt sich
90° ist Sin. $\varphi^m = 1$ und $W' = 0,2321$, mithin
,2311 : W', und demnach

$$g.m = \frac{\text{Log.}W' - \text{Log.}0,2321}{\text{Log.Sin.}\varphi}.$$

gefundenen Werthen ergiebt sich, daſs der Wi-
leichbleibenden Potenz des Sinus oder des Co-
gswinkels gleich ist.

Widerstand in Unzen.

Winkel	Versuch	Theorie	Werth von m
10°	0,0112	0,0012	1,73
20	0,0364	0,0093	1,73
30	0,0769	0,0290	1,54
40	0,1174	0,0616	1,54
50	0,1552	0,1043	1,51
60	0,1902	0,1476	1,38
70	0,2125	0,1926	1,42
80	0,2237	0,2217	1,41
90	0,2321	0,2321	

ich soll ferner der Widerstand dem Gewichte
ule von der gegebenen Basis und derjenigen
yn, welche als Fallhöhe die vorhandene Ge-
giebt. Im vorliegenden Falle beträgt die Höhe
Geschwindigkeit 0,08124 Zoll und das Gewicht
e der Flügel von 3,73 Quadratzoll 0,1598 Un-
Versuche 0,2321 Unzen Widerstand geben, so
r durch Erfahrung gefundene Widerstand zu dem
chneten wie 0,2321 : 0,1598 = 1,4524 . . . : 1 oder
:

folgende Versuchsreihe wurde mit zwei an den
gten Halbkugeln angestellt, deren ebene Flächen
ihr Durchmesser betrug 1,1 Zoll, der Abstand
kte des Widerstandes von der Drehungsaxe 6,22
Geschwindigkeit 0,542 Fuſs. Der Theorie nach
Widerstand 0,05496 Unzen betragen, die Versu-
0,08339 Unzen, und beider Verhältniſs war also

0,08339:0,05496 = 1,5172...:1 oder gleichfalls ...
Als darauf die Halbkugeln so gestellt wurden, daſs ...vexen Flachen vorangingen, betrug der Widerstand ... Unzen; beider Verhältniſs ist daher 0,08339:0,034=2,... und das Verhältniſs des durch Erfahrung gefunden... für die Durchschnittsfläche der Halbkugel theoretisch ...ten = 0,034:0,05496 = 0,6186:1. Es wurden ... Cylinder von gleichen Grundflächen und gleichen ... als die Halbkugeln auf die Arme gesteckt, und ihr ... ergab sich = 0,07998 Unzen. Der Widerstand ... Halbkugel, mit ihrer ebenen Fläche voran, verhält ... dem gegen einen Cylinder, beider Widerstandsfläche ... genommen, wie 0,08339 : 0,07998 = 1,0426 :1; ... Versuche gefundene Widerstand aber verhielt sich ... theoretisch berechneten wie 0,07998 : 0,05496 = ... Daſs die Halbkugel, ihre ebene Fläche voran, einen ... Widerstand erleidet, als ein Cylinder von gleicher Fl... nach Vince nur in dem Rückstoſse der Flüssigkeit ... hintere Cylinderfläche ihren Grund haben. Eine Me... che mit dieser Maschine ergaben, daſs der Wid... Gröſse der Oberfläche und den Quadraten der Gesch... ten proportional sey[1]. Werden diese Sätze zur V... der verschiedenen erhaltenen Resultate unter einander ... so war der Flächeninhalt der vier Flügel = 3,73 ... und ihre Geschwindigkeit 0,66 Fuſs, ihr Wid... = 0,2321 Unzen; die Flächen der beiden Cylinder ... trugen 1,9 Quadratzoll und ihre Geschwindigkeit 0,... Wir erhalten also die Proportion:

$$3,73 . 0,66^2 : 1,9 . 0,542^2 = 0,2321 : 0,0797...$$

Statt der letzteren Zahl ergaben die Versuche 0,079... nem so geringen Unterschiede, daſs dieser innerhalb ... lergrenze liegt.

9) Den Widerstand gegen Kugeln hat Vince ... mittelbar durch Versuche bestimmt, er findet ihn ...

---

1 Aus zahllosen andern, später zu erwähnenden Ver... hervor, daſs beide Sätze nur für geringe Geschwindigk... sehr verschiedene Flächen genau richtig sind. Die Ueb... von Vince's Versuchen mit diesen Bestimmungen rührt ... er nur mit geringen Geschwindigkeiten und kleinen F... mentirte.

Digitized by Google

Weise. Aus den für Cylinder und Halbkugeln gefun-
...en, wenn beiden ebene Flächen vorangehn, und aus
...tande gegen die Halbkugel mit vorangehender con-
...che läſst sich der Widerstand gegen die Kugel fin-
... Verhältniſs ist = 0,07998:0,0833, und da der
...d gegen die Halbkugel = 0,034 ist, so giebt dieses
...0839=0,034: Widerstand gegen die Kugel, wel-
...h = 0,0354 wäre. Der Widerstand gegen die
... sich also zum Widerstande gegen den Cylinder,
...1:0,07998 oder 1:2,23. Nach der Theorie soll er
...2 oder wie 1,115:2,23 verhalten, und wäre hier-
... Verhältniſs von 1,115:1 zu groſs. Es ist aber
... worden, daſs der Widerstand nach der Theorie
...h der Erfahrung im Verhältniſs von 0,1598:0,2321
..., und daher muſs er sich auch bei der Kugel zu
... Fläche wie 1,115 × 0,1598:0,2321 oder wie
...1, also beinahe wie 3:4 verhalten.

...gsweise hat sich Robins[1] viele Mühe gegeben,
...d der Luft, namentlich gegen Geschützkugeln,
... Theorie, theils durch Versuche zu bestimmen. Zu
... wandte er anfangs das von ihm construirte *bal-*
...ndel[2] an und gelangte hiermit zu folgenden Re-

... Widerstand der Luft gegen Körper, die in ihr be-
..., ist innerhalb gewisser Grenzen dem Quadrate
...digkeit nahe proportional, ohne daſs man ihn je-
...ewton diesem genau proportional setzen kann.

... Widerstand der Luft gegen eine 12pfündige eiserne
...el, die sich mit 25 Fuſs Geschwindigkeit in einer

...nciples of Gunnery. Lond. 1742. Uebers. Neue Grund-
...erie u. s. w. mit vielen Anmerk. von L. Euler. Berlin
... Uebersetzung wieder ins Engl. übersetzt von Hugh Brown
...774. 4. Einzelne Abhandlungen von ihm in Philos. Trans.
... 1747. Mathematical Works, published by Dr. James
... Voll. 8. Vergl. Hutton's Philos. and Math. Dictionary.
... T. II. p. 316. Art. *Resistance.* Encyclopaedia metropo-
...ences T. I. p. 350. Art. *Pneumatics.* Von P. Barlow.
... T. III. p. 252.

... Art. *Ballistik.* B. I. S. 714. Fig. 120.

Secunde bewegt, ist nicht geringer als 0,5 Unze Avoir-du
Gewicht.

11) Um aber diese Gesetze fester zu begründen
struirte er einen Apparat, den er *Wirbelmaschine* (*w*
Fig. *machine*) nannte. Diese bestand aus einem, oben m
195. leichten hohlen Kegel versehenen messingnen Cylinder A
welcher sich zwischen Frictionsrollen so leicht bewegte,
Reibung als verschwindend zu betrachten war. Am
teren Theile der Kegels läuft der dünne hölzerne, be
Vermeidung des Widerstandes zugeschärfte Arm GH
cher an seinem Ende den zu bewegenden Körper P
zum Verhindern des Umbeugens durch einen dünnen
draht ab gesteift ist. Um den Messingcylinder wird
seidene Schnur gewunden, welche über die an einer
festigte Rolle L geführt an ihrem Ende das Gewicht
Dieses setzt bei seinem Herabfallen die Maschine mit
gen die Luft bewegten Körper in Bewegung, und da
abfallen mit beschleunigter Geschwindigkeit geschieht,
auch die Geschwindigkeit des umgeschwungenen Kö
somit der Widerstand des Mittels gegen denselben, b
der Beschleunigung gleich und die Gröſse der Bewe
stant wird, woraus sich dann die Gröſse des W
finden läſst. Bei den Versuchen wurde zuerst mit
gebenen Gewichte die Maschine zu einer gleichbleib
wegung gebracht, was meistens nach fünf bis sech
hungen erfolgte, und aus der Zahl einer in geme
erfolgenden Menge von Umdrehungen lieſs sich dann
dauer einer Umdrehung finden. Alsdann wurde der
und das Gewicht M weggenommen und statt des le
leichteres angehangen, durch welches eine gleich s
wegung erfolgte. Letzteres Gewicht von M abgez
diejenige Gröſse an, welche erfordert wird, den Wid
Luft gegen den Körper P bei gegebener Geschwin
bestimmen. Um eine weitere Correction zu vermeide
die Stelle des Körpers P ein Stück Blei von ihm
Gewichte befestigt. Die Dimensionen dieser, auch
andern gebrauchten Maschine waren folgende in
Maſse:

Durchmesser des messingnen Cylinders . . . .

Digitized by Google

des Armes L von der Axe des Kegels bis Oberfläche der Kugel P . . . . 49,5 Zoll

hohle Kugel P, einer 12pfündigen Kanonen- gleichend, von Pappe mit geglättetem Pa- bekleidet, hielt im Durchmesser . . . . . 4,5 —

war der Radius des beschriebenen Kreises 51,75 —

Anwendung eines Gewichtes M von 0,5 Pfund wurde windigkeit constant, und es erfolgten dann die ersten hungen in 27,75 Sec.; die folgenden 10 in 27,5 und 10 in 27,5 Secunden, wonach die Bewegung für ig gelten konnte. Die Zeitmessung geschah mittelst zum Anhalten eingerichteter Uhren (*stop watches*), glichene Angaben selten um 0,5 Sec. differirten. Als das M 3,25 ℔. betrug, erfolgten nach der Vollendung der 0 Umdrehungen die nächsten 20 Umdrehungen in 21,5 d ein ganz gleiches Resultat gab eine zweite Versuchs- Hierauf wurde die Kugel P durch ein Stück Blei von Gewichte ersetzt, und als das angehangene Gewicht 1 ℔. betrug, erfolgten abermals die letzten 20 Umdre- nach 10 nicht gezählten in 19 Secunden. Es muſs weniger als 1 ℔. für die Bewegung der Maschine ab- werden, und Robins nimmt daher 2,5 ℔. als die , welche den Widerstand gegen die Kugel überwand. der Radius des Cylinders nur $\frac{1}{20}$ des Halbmessers des fenen Kreises beträgt, die Geschwindigkeit aber nahe in 1 Secunde, so folgt, daſs der Widerstand gegen el bei dieser Geschwindigkeit nicht weniger als $\frac{1}{20}$ 5 ℔. oder 36 Unzen beträgt, wodurch der zweite der Sätze erwiesen ist. Bei den folgenden Versuchsreihen Gewichte M angehangen, deren Gröſsen im Verhält- 1:4:9:16 zunahmen. Die ersten 10 Umdrehungen nicht gezählt, und es erfolgten dann bei

1 Pfund	20	Umdrehungen	in 54,5	Sec., also
	10	—	— 27,25	—
2 —	20	—	— 27,5	—
4,5 —	30	—	— 27,5	—
8 —	40	—	— 27,5	—.

also die Widerstände in dem Verhältnisse 1:4:9:16 , so correspondiren die Geschwindigkeiten im Ver-

Digitized by Google

hältniſs 1:2:3:4, wonach also die Widerstände im quad schen Verhältnisse der Geschwindigkeiten zunehmen.

12) Die meiste Mühe und den gröſsten Fleiſs unter Uebrigen hat HUTTON[1] auf die Lösung dieses Problems wandt. Dem von NEWTON aufgestellten Gesetze gemäſs, nach der Widerstand der Dichtigkeit des Mittels und dem drate der Geschwindigkeit proportional seyn soll, giebt gende Darstellung. Heiſst a die Fläche, v die Geschwi des bewegten Körpers, p das spec. Gewicht der Wid leistenden Flüssigkeit und g nach der älteren Bezeichn der in einer Secunde durchlaufene Raum eines frei f Körpers, so ist die der Geschwindigkeit v zugehörige H

Fig. 196. $= \frac{v^2}{4g}$ und der Widerstand $w = \frac{a p v^2}{4g}$. Es sey dann Bahn, worin der gegebene Körper sich bewegt, BE Schnitt durch denselben, EG eine Tangente, welche d längerte Axe in G schneidet, EF, ef zwei parallele, bis zum Verschwinden nahe Ordinaten, so ist, we $CF = x$, $EF = y$, $BE = z$ setzt, der mit y beschrieben $= 2y\pi$, das Differential der Fläche oder der mit Ee be bene Ring $= 2y\pi . \partial z$ und der Widerstand gegen de $= \frac{pv^2}{4g} . \text{Sin.}^3 G \times 2y\pi . \partial z$. Ist dann für eine Kugel C so ist $y = \sqrt{r^2 - x^2}$, $\text{Sin. } G = \frac{x}{r}$, und für $ae =$ $y . \partial z = r . \partial x$. Hieraus wird für den Widerstand w:

$$\partial w = \frac{\pi p v^2}{2g} . \frac{x^3}{r^3} \times r \partial x = \frac{\pi p v^2 x^3}{2 g r^2} \partial x,$$

mithin ist für die durch BE erzeugte sphärische Fläche

$$w = \frac{\pi p v^2 x^4}{8 g r^2}.$$

Ist dann $x = r$, so wird der Widerstand gegen die kugel:

$$w' = \frac{\pi p v^2 r^2}{8g}.$$

---

1 Course of Mathematics. Composed for the use of the Mi litary Academy cet. 6th. ed. Lond. 1811. III T. 8. T. II. p. 365. of the Royal Soc. of Edinburgh. T. II. Vergl. Gren Journ. Th. VII. S. 289; ein kurzer Auszug.

Digitized by Google

Diese, dem aufgestellten Gesetze, wonach der Wider-
- Gröſse der Oberfläche und dem Quadrate der Ge-
keit direct proportional seyn soll, angemessene Formel
Hutton[1] mit denjenigen Resultaten über den Wi-
er Luft gegen geschossene Kugeln, welche durch die
n Woolwich erhalten wurden[2]. Wird hierbei in
Maſse $g = 16$ Fuſs, der Durchmesser der ange-
ugel $= 2r = \frac{1}{6}$ Fuſs gesetzt und p (das Gewicht
kfuſses Luft) $= 1{,}2$ Unze angenommen, welches
as mittlere spec. Gewicht der Luft nennt, so wird

$$w = \frac{9}{44000} v^2.$$

hnung und die Versuche mit Kugeln von 2 Zoll
er gaben folgende Resultate für die Geschwindigkeit
de nach englischen Fuſsen und den Widerstand in
$\frac{1}{16}$ engl. Pfund.

w nach Versuchen	w nach Rechnung	Geschwindigkeiten	w nach Versuchen	w nach Rechnung
0,006	0,005	600 Fuſs	110,4	73,6
0,026	0,021	800 —	212,0	130,9
0,103	0,082	1000 —	362,1	204,6
0,237	0,184	1100 —	456,9	247,6
0,427	0,329	1200 —	564,4	294,6
0,676	0,511	1400 —	811,5	401,0
2,78	2,46	1600 —	1086,9	523,7
11,3	8,2	1800 —	1368,6	662,8
46,5	32,7	2000 —	1637,8	818,3

schiede zwischen den durch Rechnung und Versuche
n Werthen wachsen bis zu einer Geschwindigkeit von
s in 1 Secunde und nehmen dann wieder ab. Hut-
bt aber nach den Resultaten der Versuche annehmen
n, daſs der Widerstand den Flächen allerdings pro-
sey und nur etwa im Verhältniſs von $1 : 1{,}03$ mit
der Gröſse wachse[3]. Ist daher der Widerstand $= w$
Kugel vom Halbmesser $= r$ gefunden, so ist er für eine
m Halbmesser $= r'$:

---

[1] thematical Tracts ed. 8vo T. III. p. 219.
[2] ergl. Art. *Ballistik*. Bd. I. S. 714.
[3] ergl. Art. *Wind*. §. 114.

$$w' = w \frac{r'^2}{r^2},$$

und wenn man die angenommene Correction aufnehmen

$$w' = w \frac{r'^2}{r^2} (1{,}03).$$

Ohne Rücksicht auf diese letztere Correction würde ein von 5,6 Zoll Durchmesser oder eine 24pfündige für 20 Geschwindigkeit schon einen Widerstand von nahe 8 leiden.

14) Die Vergleichung der durch Rechnung und Versuche gefundenen Gröſsen zeigt aber allzugroſse schiede, als daſs man es für möglich halten sollte, Einklang zu bringen, und da die Versuche als gültig sind, so entwickelte Hutton[1] aus diesen eine zum pirische Formel. Unter der Voraussetzung, daſs der stand der Gröſse der Fläche und der Dichtigkeit der stehenden Flüssigkeit proportional, das Gesetz des der Geschwindigkeit aber nicht in ganzer Strenge gü setzt er

$$w = \frac{\pi p r^2}{8g} (m v^2 + n v),$$

und sucht die Coefficienten m und n aus den Ver erhalten. Die für 500 Fuſs und für 1000 Fuſs Gesch keit gefundenen Gröſsen geben in Pfunden Avoir-du-p wicht m = 0,00002665 und n = — 0,00665, und w Werthe in der Gleichung substituirt werden, so zeigt stehende Tabelle den Grad der Uebereinstimmung Rechnung und Versuchen:

1 Tracts. T. III. p. 226.

Digitized by Google

Geschwindigkeiten	w nach Versuchen	w nach Rechnung	Geschwindigkeiten	w nach Versuchen	w nach Rechnung
100 Fuſs	0,174	—0,133	1100 Fuſs	28,56	27,86
200 —	0,709	+0,266	1200 —	35,27	33,26
300 —	1,612	1,200	1300 —	42,71	39,86
400 —	2,906	2,666	1400 —	50,72	46,66
500 —	4,650	4,666	1500 —	59,19	54,00
600 —	6,900	7,200	1600 —	67,93	61,86
700 —	9,750	10,266	1700 —	76,77	70,46
800 —	13,250	13,866	1800 —	85,54	79,20
900 —	17,519	18,000	1900 —	94,11	88,66
1000 —	22,625	22,666	2000 —	102,36	98,66

e berechneten Werthe weichen von den durch Versuche en für Geschwindigkeiten bis zu 200 Fuſs in der Se- so bedeutend ab, daſs hierfür auf jeden Fall die Formel genügen kann. HUTTON schlägt daher vor, hierfür

$$w = \frac{\pi p r^2}{8g} \cdot 0{,}0000176\, v^2$$

en, wodurch die Uebereinstimmung sehr genau wird. auch für die übrigen Geschwindigkeiten die Unter- zwischen den Resultaten der Rechnungen und Versuche indern, bringt er die Formel

$$w = \frac{\pi p r^2}{8g} (m v^2 + n v + q)$$

chlag, und bestimmt die hierin befindlichen Coefficien- den für 600 Fuſs, 1200 F. und 1800 F. durch Ver- gefundenen Widerständen, wonach $m = 0{,}00003028$; $0{,}0071666\ldots$ und $q = 0{,}3$ wird, was dann folgende giebt.

Geschwindigkeiten	w nach Versuchen	w nach Rechnung	Geschwindigkeiten	w nach Versuchen	w nach Rechnung
100 Fuſs	0,17	−0,11	1100 Fuſs	28,56	29,06
200 —	0,71	+0,08	1200 —	35,28	35,30
300 —	1,61	0,88	1300 —	42,71	42,15
400 —	2,91	2,29	1400 —	50,72	49,62
500 —	4,65	4,29	1500 —	59,19	57,69
600 —	6,90	6,90	1600 —	67,93	66,36
700 —	9,75	10,12	1700 —	76,78	75,63
800 —	13,25	13,95	1800 —	85,54	85,52
900 —	17,52	18,38	1900 —	94,11	95,99
1000 —	22,63	23,41	2000 —	102,36	107,09

Wie groſs der Widerstand der Luft gegen schnell b[…] Körper sey, macht Hutton[1] anschaulich, indem er be[…] daſs eine 24pfündige Kugel, welche mit 1780 Fuſs Ges[…] digkeit sich zu bewegen anfängt, schon nach zurückg[…] 280 Fuſs auf 1500, und nach 1000 Fuſs auf 1370 d[…] zurückgebracht werde.

15) Aus dem bisher Mitgetheilten geht genügend […] daſs die Theorie mit der Erfahrung keineswegs in ge[…] Uebereinstimmung sey, nicht zu gedenken, daſs die […] chung mehrerer empirischer Formeln für ungleiche Ges[…] digkeiten schon an sich nicht genügend befriedigend seyn […] Hutton selbst scheint dieses gefühlt zu haben, noch be[…] ter aber überzeugte er sich, daſs die angewandten Mi[…] empirischen Auffindung des Widerstandes der Luft [..] schwindigkeiten unter 300 Fuſs in 1 Sec. sich nicht e[…] Daher entschloſs er sich zu einer Reihe neuer Versuche[2] […] er die nämliche Maschine anwandte, deren sich Robins […] hatte, die aber mit ausnehmender Genauigkeit und […] durch Ellicot ausgeführt wurde und noch in der […] Militärakademie vorhanden ist. Heiſst nach den oben fü[…] Maschine angegebenen Bestimmungen das Gewicht, w[…]

---

1 Tracts. T. III. p. 252.

2 Tracts. T. III. p. 169. Die sämmtlichen Resultate die[…] len Versuchsreihen findet man vollständig angegeben von Ba[…] Encyclop. Metropol. Mixed Sc. T. I. p. 351. Es würde aber zu[…] läuftig seyn, diese alle hier aufzunehmen.

Digitized by Google

de Beschwerung des Armes mit der Kugel P eine gewisse Umläufe in einer gegebenen Zeit hervorbringt, M, das Gewicht aber, welches nach Wegnahme der Kugel P eiche Menge Umläufe in der nämlichen Zeit hervor- M′, so ist der Widerstand

$$w = \frac{M - M'}{M}$$

ichten. Oder da die Umläufe in gleichen Zeiten sich wie die Gewichte, so ist

$$w = M \frac{n'}{n}$$

iderstand des Körpers P, wenn n die Zahl der Umläufe es ohne den Körper P und n′ die Zahl der Umläufe Körper P, beide in gleichen Zeiten, bezeichnen. stellte diese Versuche in den Jahren 1786 und 1787 ſs mit Kugeln an, sondern auch mit anders gestalte- pern, und verwandte auf dieselben weit mehr Sorgfalt tlich der Messung der Zeit und der Bestimmung der sowohl, als auch der Dimensionen der angewandten Es wird für unseren Zweck genügen, die allseitig endlichen Resultate der gesammten Versuche mit den gestalteten Körpern und bei ungleichen Geschwin- in folgender Tabelle übersichtlich zusammenzustellen, die Geschwindigkeiten in 1 Sec. mittlerer Sonnenzeit l. Fuſs und w den Widerstand in Unzen Avoir-du- ewicht bezeichnen.

Digitized by Google

Fuſs ist, so wird $x = \frac{90}{24} w = \frac{15}{4} w$, wobei w für de
stimmten Körper aus der Tabelle entnommen werden
Wird z. B. diese Höhe für eine Halbkugel, wie in der
belle, bei einer Geschwindigkeit von 16 Fuſs gesucht,
w dort = 0,634 und also x = 2,3775 Fuſs die Höh
ner Luftsäule, deren Gewicht dem gegebenen Wider
gleich wäre.

f) Sucht man die Geschwindigkeit einer Kugel, d
fordert wird, um einen Widerstand zu leiden, welche
Gewichte einer Luftsäule von der Höhe der ganzen Atmo
gleich ist, so fand sich der Widerstand bei 3 Fuſs Gesch
digkeit für eine Kugel von $\frac{2}{9}$ Quadratfuſs Fläche ihres g
Kreises = 0,027 Unzen, und diesemnach, da der Wide
dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional gesetzt w
kann, für 1 Fuſs Geschwindigkeit $= \frac{0,027}{3^2} = \frac{1}{9} . 0,027 =$
Unze. Beträgt dann das Gewicht eines Kubikfuſses Que
ber 13600 Unzen, so ist der Druck der Atmosphäre
engl. Zoll oder 2,5 Fuſs Barometerhöhe gegen die ge
Flache

$$2,5 \times 13600 \times \tfrac{2}{9} = 7555\tfrac{5}{9} \text{ Unzen.}$$

Aus dem Verhältniſs $\sqrt{0,003} : \sqrt{7500} = 1 : x$ wird aber x=
Fuſs als diejenige Geschwindigkeit gefunden, bei welch
der obigen Angabe das Verhältniſs der Unterschiede de
derstände für gröſsere Geschwindigkeiten wieder abnimm

g) Indem eine Kugel von der Gröſse derjenigen,
den Versuchen diente ($6\frac{3}{8}$ Zoll Durchmesser), bei 16 F
schwindigkeit schon 0,663 Unze Widerstand erlitt, s
eine 36 Pfünder-Kugel, welche die nämliche Gröſse h
1600 Fuſs Geschwindigkeit schon einen Widerstand vo
℔. erleiden, wenn man diesen den Quadraten der Geschw
keit proportional setzt. Indem aber bei dieser Geschwin
hinter der Kugel ein leerer Raum entsteht, weil die Luft
gewöhnlichem atmosphärischen Drucke nicht so schnell
Vacuum einströmt[1], so kommt der Luftdruck der Atmo

1 Vergl. Art. *Pneumatik*. Bd. VII. S. 593. Bei der Verglei
muſs auf den Unterschied des hier genommenen englischen u
dort gewählten Pariser Fuſses Rücksicht genommen werden.

Digitized by Google

℔ hinzu[1], woraus ein Widerstand von mehr als 900 ℔.

Wenn eine gegen ie ruhende Luft in horizontaler bewegte Fläche einen beliebigen Winkel gegen die r Bewegung bildet, so ist der Widerstand am stärk- 0° und verschwindet oder wird = 0 für 0°. Nach Versuchen erleidet eine Fläche von $\frac{3}{9}$ Quadratfuſs ſs Geschwindigkeit in 1 Secunde und einem Nei- el = α einen Widerstand

$$w' = 0{,}841 \text{ Sin.}\,\alpha^{\,1{,}842 \text{ Cos.}\,\alpha} \text{ in Unzen.}$$

n diese Fläche und Geschwindigkeit als Einheit an, an in Gemäſsheit der oben gefundenen Gesetze vor- der Widerstand den Flächen im einfachen, den Ge- eiten aber im oben näher bezeichneten, etwas mehr schen Verhältnisse proportional sey, so hat man all- eine Fläche = a, eine Geschwindigkeit = v und ngswinkel = α den Widerstand w':

$$' = (v^{2{,}04}.\,a \times 0{,}841)\ \text{Sin.}\,\alpha^{\,1{,}842 \text{ Cos.}\,\alpha}$$

voir-du-poids-Gewicht.

t Wasser hat Hutton keine Versuche angestellt; ber an, daſs hierfür die nämliche Formel gelten n man nur den Unterschied der Dichtigkeiten bei- eiten berücksichtige. Nach seiner Bestimmung ist ſs der Dichtigkeiten beider Flüssigkeiten = 1:780, rd der Widerstand für Wasser w'' mit Beibehal- lichen Bezeichnungen:

$$'' = (v^{2{,}04}.\,a \times 656)\,\text{Sin.}\,\alpha^{\,1{,}842 \text{ Cos.}\,\alpha}$$

voir-du-poids-Gewicht.

läſst sich nicht in Abrede stellen, daſs dieser Bei- klärung eines der schwierigsten Probleme im gan- der angewandten Mechanik von groſsem Werthe aber sind die Mathematiker nicht zu der Ueber- ngt, daſs dasselbe dadurch vollständige Erledigung

Voraussetzung kann schwerlich für genügend begründet §. 50.

gefunden habe. Barlow[1] bemerkt aufserdem, dafs de
gefundene allgemeine Ausdruck

$$w = av^m \mathrm{Sin}.x^{n \,\mathrm{Cos}.x}$$

sehr unbequem sey, insbesondere wenn man den gröfsten
des Windes gegen ein Segel oder die Flügel einer Wi
suche, was selbst auch dann noch statt finde, wenn ma
annehme. Nach seiner Ansicht sind aufserdem accurate
che den gelehrtesten theoretischen Untersuchungen vor
was auch ein jeder gern zugestehn wird, sobald er nur
fachen und schwer theoretisch zu bestimmenden Be
berücksichtigt, welche bei diesen sehr zusammengesetz
scheinungen in Betrachtung kommen. Von grofsem
sind daher die Versuche des geschickten Experimentat
Smeaton[2], welche zwar zunächst bestimmt waren, d
Neigung der Windmühlenflügel aufzufinden, aber dem
erwähnt werden können, weil sie sich zugleich auf d
derstand der flüssigen Medien überhaupt beziehn, und
Maschine angestellt wurden, die der zuletzt beschrieb
Fig. 197. ähnlich ist. Sie besteht aus einem pyramidalischen
ABC, welches dazu dient, die beweglichen Theile z
In diesem geht die bewegliche verticale Axe DE h
welcher der Arm FG befestigt ist, welcher dazu d
Flügel in einem schicklichen Abstande vom Centrum
drehung zu tragen. Die Axe ist mit einem befestigt
der versehn, und um diesen eine Schnur Z gewu
durch Anziehn derselben mit der Hand den Appar
schwung zu versetzen, wobei der Mittelpunct der Fl
Kreis mit dem Halbmesser DI beschreibt, indem d
schiedenen Winkeln gegen ihre Bahn gerichteten Fl
den Widerstand der Luft um ihre horizontale Axe
werden. Von L geht eine feine Schnur herab, unter
M, über die Rolle N und unter der Rolle O hin z
der Windmühlenflügel, um welche sie gewunden ist,
Hebung des Gewichtes P ein Mafs der Kraft giebt,
Flügel sich umdrehn, welche nebst ihrem Arme du

---

1 Encyclop. metrop. Mixed Sciences. T. I. p. 360.

2 Philos. Trans. 1759. p. 100. Besonders abgedru
powers of wind and water. 8. Vergl. Philos. Trans. abridg
ros. T. XI. p. 360.

Digitized by Google

wicht W genau balancirt sind. An dem Gestelle war ein
t Zeichnung weggelassenes Pendel angebracht, aus zwei
er hölzernen Stange oben und unten befestigten Bleiku-
stehend, dessen dem *Metronome* ähnliche Einrichtung
gungen in jeder beliebigen Zeit gestattete. Die Schnur
le dann mit der Hand gerade so stark gezogen, daſs das
zwei Schwingungen während einer Umdrehung der Ma-
vollendete. Die Flügel bildeten einen Winkel von 55°
t Axe, dessen Ergänzung von 35° den Neigungswinkel
lie lothrecht durch ihre Bahn gelegte Ebene giebt, wel-
ch Parent die geeignetste Richtung seyn soll. Endlich
nur noch erwähnt zu werden, daſs das Gewicht P so
rgröſsert wurde, bis es hinreichte, die mit einer ge-
Geschwindigkeit bewegten Flügel zum Stillstande zu
. Auch hierbei findet übrigens der allgemeine Satz der
hen Mechanik Anwendung, daſs der Nutzeffect eine zu-
gesetzte Function der Geschwindigkeit und der Gröſse
egenden Kraft ist.

1 Es wird nicht erforderlich seyn, die aus den einzel-
uchen gefundenen Gröſsen ausführlich zu beschreiben,
begnüge ich mich, nur die allgemeinen Resultate an-

Die Geschwindigkeit des Umlaufens der Windmühlen-
mochten frei oder mit einem Gewichte so beschwert
s sie ein Maximum des Effectes gaben, verhält sich
nämlichen Construction wie die Geschwindigkeit des

bei gleicher Gestalt und Richtung der Flügel verhalten
Gewichte für das Maximum des Effectes nahe, aber
eniger, wie die Quadrate der Geschwindigkeiten des

Die Effecte der nämlichen Flügel im Maximum verhal-
nahe, aber etwas weniger, wie die Kubi der Geschwin-
t des Windes.

Die Gewichte für das Maximum bei den nämlichen
verhalten sich nahe wie die Quadrate, und ihre Effecte
e die Kubi ihrer Umdrehungen.

Wenn die Flügel mit einem Gewichte beladen sind, so
bei einer gegebenen Geschwindigkeit ein Maximum er-
und die Geschwindigkeit des Windes zunimmt, wäh-

rend das Gewicht unverändert bleibt, so wächst der Eff
quadratischen Verhältniſs der Zunahme der Geschwindigk
Windes. Steigt letztere auf das Doppelte, so wäch
Effect im Verhältniſs von 10:27,5. Steigt aber die Gesc
digkeit des Windes über das Doppelte, so wächst der
nahe in gleichem Verhältniſs.

f) Bei Flügeln von der nämlichen Gestalt und Ri
ist die Zahl ihrer Umdrehungen bei gleicher Geschwi
des Windes ihrer Länge umgekehrt proportional.

g) Die Gewichte für das Maximum des Effectes,
Flügel von der nämlichen Gestalt und Richtung zu heb
mögen, verhalten sich wie die Kubi der Abstände de
von der Umdrehungsaxe.

h) Die Effecte der Flügel von gleicher Gröſse un
tung verhalten sich wie die Quadrate dieser Abstände.

i) Die Geschwindigkeiten der äuſsersten Enden de
mühlenflügel bei der gebräuchlichen Gröſse und Stellun
sie unbelastet oder auch wenn sie für das Maximum
fectes belastet sind, sind allezeit gröſser als die des W

20) Man ersieht aus dieser Darstellung, daſs sich
sen Versuchen nur auf indirecte Weise einige Resu
Bestimmung des Widerstandes entnehmen lassen. Es
ist der Fall bei denen, welche Edgeworth[1] zunächs
Absicht anstellte, um die geeignetste Form der Segel
den. Hierzu bedient er sich einer ähnlichen Wirbel
als welche Robins gebraucht hatte, und erhielt dami
sentlichen folgende Resultate. Die Umdrehung des
sich, ohne Anwendung einer gegen die Luft bewegten
stand leistenden Fläche, erforderte für die stets beibeha
male Geschwindigkeit 40 Unzen, die also stets abzuz
wenn man die Stärke des Widerstandes allein fin
Wurde auf den Arm ein Parallelogramm von 9 und 4
ten aufgesetzt, so betrug das Gewicht, wenn die lan
horizontal stand, 112 Unzen, wenn sie aber vertical
war, 121 Unzen[2]. Für eine Scheibe Weiſsblech, 4 Z. in

1 Philos. Trans. 1783. T. LXXIII. p. 136. Vergl. T
Lectures. T. II. p. 227.

2 Die Ursache dieses Unterschiedes ist räthselhaft, und
daraus erklärbar seyn, daſs bei ihrem verticalen Stande ei

Digitized by Google

betrug das Gewicht 80 Unzen, für eine andere von 8 Quadrat 262 Unzen. War das erstere Parallelogramm zu Bogen von 8 Zoll Chorde gebogen, so erforderte die Be- die kürzere Seite horizontal, 128 statt 121 Unzen, es zu 7,25 Zoll Chorde gebogen, sogar 133 Unzen. diese Widerstände auf 1 Quadratzoll reducirt, so

Flächen	Inhalt	Widerstand	Widerstand gegen 1 Quadratzoll
quadrat. Fläche .	16 Zoll	40 Unzen	2,50 Unzen
— —	64 —	222 —	3,47 —
logramm	36 —	81 —	2,25 —
mte Fläche. . .	32 —	88 —	2,69 —
gekr. Fläche . .	29 —	93 —	3,21 —

ierbei der Unterschied zwischen der quadratischen und gen Fläche als unbedeutend und durch Beobachtungs- beigeführt angenommen wird, so könnte hiernach ge- werden, daſs bei geraden Flächen die Gestalt gleich- ; da aber der Inhalt des Parallelogramms ungleich , als der des kleinen Quadrates, und der Wider- der Gröſse der Flächen zunimmt, so folgt aus der g nothwendig, daſs quadratische Flächen (vermuth- nde, über welche leider nichts angegeben ist) den Widerstand erleiden. Wahrscheinlich darf man den gegen gleich groſse Flächen der Gröſse des Umfan- ehrt proportional setzen. Daſs übrigens der Widerstand öſse der Flächen in einem gröſseren Verhältnisse als Inhalts zunehme, geht aus diesen Versuchen deutlich vorliegenden Falle ist dieses Verhältniſs = 1 : 1,398. Weise wächst der Widerstand, wenn die Luft in Flächen verdichtet wird und weniger leicht abflieſsen auf Edgeworth den Schluſs gründet, daſs hohle

nes herbeigeführt und die Reibung vermehrt wurde. Be- beiden Fällen das äuſsere Ende der Scheibe in gleichem der Umdrehungsaxe, so dürfte der Grund einfacher darin sich beim verticalen Stande ein gröſserer Theil der Fläche Entfernung vom Umdrehungspuncte befand, was nach Satze einen bedeutenden Unterschied macht.

Digitized by Google

·ren Effect haben, um dessen Begründ
thun war.

·führliche Untersuchung über den Wide
ISON[1] mitgetheilt; er äuſsert aber am End
lurch die vereinten Bemühungen der
ropa's dieses höchst interessante Proble
vegs vollständig gelöst sey, ja daſs sic
·se, dasselbe jemals vollständig erle
indeſs nicht erforderlich seyn, dem g
Betrachtungen zu folgen, denn er gi
tersuchungen, sondern stellt bloſs das
ungen Bekanntgewordene zusammen,
ine Ansicht hindernd im Wege steht,
ıd, welchen in flüssigen Medien bewe
Kraft des Stoſses gleich setzt, womit
indigkeit bewegten Flüssigkeiten feste
n Allgemeinen legt er NEWTON's S
der Stoſs oder der Widerstand dem (
·eit proportional seyn soll. Heiſst da
ı Impulses gegen eine gegebene Fläche
ı groſse in einem Winkel i gerichtete
n, und wenn S die ganze Fläche in de
eichnet, wofür F als Einheit bestimmt
i. Dieses Theorem soll PARDIES[2] zu
ROBISON leitet aus diesen Principien
einige auf die Figuren der Körper be
›, die ohne Mittheilung der einfachen
mögen. Der Widerstand gegen eine
vexe Seite eines Halbcylinders beträ
;en die durch seine Axe gelegte Ebe
ı eine Kugel oder Halbkugel beträgt
› gegen die Durchschnittsfläche durch
oder gegen einen Cylinder von gleich
ı diesen Sätzen fügt er noch den be
·derstand einer unelastischen Flüssigke
Richtung ihr entgegen bewegte Fläc

mechanical philosophy. Edinb. 1822. 4 T.

de Mathématiques. 1673.

Digitized by Google

le derselben von der gegebenen Basis und der doppelten e, wovon herabfallend sie die gegebene Geschwindigkeit ten würde, gleich seyn soll.

Demnächst giebt Robison eine Uebersicht der zur Prüfung r Satze angestellten Versuche, woriiber bereits oben geredet en ist[1], weswegen es genügt, hier nur die Namen derjeni- Gelehrten zu nennen, deren Bemühungen er berücksichtigt. sind Newton, s'Gravesande, Dan. Bernoulli und Schüler Kraft, Robins, de Borda und die Mitglieder igen Commission, welche von der Pariser Akademie er- wurde, um den Widerstand des Wassers zu ermitteln, ch Condorcet, d'Alembert, Bossut u. s. w. Aufser erwähnt er noch Bouguer und Don George de Ulloa[2], essen übersieht man aber bald, dafs er sich hauptsächlich durch du Buat und Bossut über die Stärke des Was- ses angestellten Versuche gehalten hat, um hieraus die e des Widerstandes der Flüssigkeiten zu entwickeln, weil dem Satze ausging, dafs der Widerstand gegen eine de Flüssigkeit der Stärke ihres Stofses gegen ruhende r, wenn sie selbst bewegt ist, gleich sey. Genau ge- m, scheint ihm die durch Newton begründete Theorie iderstandes durch die Bemühungen aller nachfolgenden Ge- nur unbedeutend weiter gefördert worden zu seyn. Hiernach Widerstand des Wassers etwas gröfser, als dem Qua- der Geschwindigkeit proportional, was Newton von der ität (Adhäsion) der Theilchen dieser Flüssigkeit ableitet. eraus entstehende Theil des Widerstandes ist für alle windigkeiten constant, der übrigbleibende aber dem Qua- der Geschwindigkeiten proportional, wie er durch seine he mit Kugeln von wenig gröfserem specifischen Ge- t, als den des Wassers, nachwies, die daher in dieser gkeit sehr langsam herabfielen. Bewegen sich Körper im r in horizontaler Richtung, so hebt sich das Wasser vor

---

1 Vergl. aufserdem Art. *Wind.* §. 110.

2 Robison sagt: in Examine maritimo. Mir ist das Werk, worin Gelehrte über den Widerstand der Mittel handelt, unbekannt; bedauert Robison, es nicht zu kennen, indem ihm blofs dasjenige t sey, was Prony daraus entlehnt. S. dessen Architectura Hy- a §. 863. Ueb. von Langsdorf. Th. I. S. 418.

denselben und sinkt hinter ihnen, und der hierdurch e
hende hydrostatische Druck muſs nothwendig den wirkli
Widerstand vergröſsern. Auf gleiche Weise wird auch die
vor dem bewegten Körper zusammengedrückt und hinter
verdünnt; aus beiden Ursachen erwächst dann eine Zu
des Widerstandes, welche nach Robins's Versuchen bei
geln von 1100 bis 1200 Fuſs Geschwindigkeit in 1 Sec.
zugsweise merkbar zu werden beginnt. Newton ent
schon den merkwürdigen Umstand, welchen de Borda be
fand (§. 5), daſs eine unmittelbar unter der Oberfläche
Wassers bewegte Kugel gröſseren Widerstand erleide, a
gröſserer Tiefe unter derselben. Das Gegentheil hierv
hauptet Don George de Ulloa, welcher für den Wide
gegen ein Bret von 1 Fuſs Breite, bis zu 1 F. Tiefe in
Wasserstrom von 2 F. Geschwindigkeit eingetaucht, 15
wenn es aber 2 F. tief eingetaucht war (also 2 Quad
Fläche entgegenstellte), bei $1\frac{1}{2}$ F. Geschwindigkeit 20
fand[1].

22) Der zweite von Newton aufgestellte, gleichsa
der Natur der Sache von selbst hervorgehende Hauptsatz
nach der Widerstand der Gröſse der Fläche direct propo
seyn soll, wird auch von Robison als nahe richtig ang
men, doch verkennt er nicht, daſs die Erfahrung bede
Abweichungen davon zeigt. Hierüber führt er bloſs d
sultate der Versuche de Borda's an, welcher für zuneh
Flächen folgende wachsende Gröſsen erhielt:

Flächen	Widerstände	Unterschiede	Verhältniſs
9 Zoll	9,000	0,000	1 : 1,000
16 —	17,535	1,535	1 : 1,084
36 —	42,750	6,750	1 : 1,187
81 —	104,737	23,737	1 : 1,293

Die Reihe ist zu kurz, als daſs man aus dieser, und obe

1 Der Versuch ist keineswegs so rein und entscheidend, a obigen sind. Auf eine nähere Untersuchung der Einwürfe, welch bison gegen Ulloa's Theorie aufstellt, und ihre Widerlegung Watts in Edinb. Philos. Journ. N. VIII. p. 315. können wir hier eingehn.

Digitized by Google

ieser allein, das Gesetz der Zunahme des Widerstandes für
ende Flächen entnehmen dürfte.

3) Gegen den theoretisch angenommenen Satz, wonach Widerstand dem Quadrate des Sinus des Einfallswinkels tional seyn soll, erklärt sich Robison auf das bestimm- Weil diese Aufgabe in Beziehung auf die geeignetste des Vordertheils der Schiffe von gröſster Wichtigkeit widmet er ihr eine ausführliche Untersuchung. Um die ate der hierüber angestellten Versuche zu prüfen, wird erfordert, die *Gröſse des Widerstandes bei perpendicu- Richtung der Flüssigkeit* gegen eine gerade Fläche zu men; allein die hierfür aus der Erfahrung gefundenen n weichen sehr bedeutend von einander ab. Die Com- der französischen Akademiker fand für eine Fläche von Quadratfuſs bei 2,56 Geschwindigkeit in 1 Sec. = 7,625 ℔., du Buat aber für die nämliche bei 3 F. Geschwin- 14,54 ℔., welches, durch den Quotienten von $2,56^2 : 3^2$ iche Geschwindigkeit reducirt, 9,53 ℔., von 7,625 be- d abweichend, giebt. Inzwischen sind die Resultate genau vergleichbar, denn zu den ersten Versuchen diente t, zu den letzten ein 2 Fuſs langes Parallelepipedon Quadratfuſs Querschnittfläche. Bouguer fand den Wi- d des Seewassers gegen eine gleich groſse Fläche bei 1 eschwindigkeit nahe 23 Unzen, de Borda, wenn der ein Würfel war, 21 Unzen, Ulloa gegen einen engl. fuſs bei 2 Fuſs Geschwindigkeit 15,25 ℔. engl. Im meint Robison, könne man den Widerstand bei per- lärer Richtung dem Gewichte einer Wassersäule von der en Fläche und der doppelten, der gegebenen Geschwin- zugehörigen Fallhöhe gleich annehmen.

i weitem die besten, bis dahin bekannten Versuche über iderstand verschieden gestalteter und gerichteter Flächen ster Beziehung auf die beste Form des Vordertheils der sind diejenigen, welche die obengenannte Commission n Mitgliedern der Akademie zu Paris anstellte[1]. Diese

---

Die erhaltenen Resultate finden sich in den hydraulischen Wer- n du Buat, Bossut und in den später über diesen Gegenstand nenen ausführlicheren Schriften. Hier wird genügen, nur einige achen mitzutheilen, die sich an die später zu erwähnenden Ar-

lieſs 15 Boote bauen, welche 2 Fuſs weit, 2 F. tief und
lang waren. Eins derselben war ein Parallelepipedon, w
also dem Wasser eine gerade Fläche in lothrechter Ri
entgegenstellte, die andern hatten keilförmige Vorder
Fig. 198. deren Winkel von 12 zu 12 Graden von 12° bis 18
bis zu der geraden Fläche zunahmen, so daſs also die Ri
der Flächen gegen die zu überwindende Flüssigkeit vo
6 Grad verschieden waren. Zur genaueren Uebersicht
zu bemerken, daſs die Linien, welche den von 12
Graden wachsenden Winkel ACB einschlossen, we
gestaltet waren. Alle diese Boote wurden 2 Fuſs ti
das Wasser in einem sehr weiten Bassin mittelst ein
fortgezogen, welches über eine Rolle geschlungen an
Ende ein veränderliches Gewicht trug, wobei die Ge
digkeit nach einer kurzen Zeit zur ganz gleichförmig
ging. Der dann in genau abgemessener Zeit durchlauf
betrug 96 Par. Fuſs, und das hierzu erforderliche
gab, nach Abzug eines durch Schätzung bestimmte
für Ueberwindung der Adhäsion und der Aufstauung d
sers am Vordertheile, den erlittenen Widerstand. In
genden Tabelle enthält für die aus diesen wiederhol
suchen gefundenen Resultate die erste Columne den
winkel des Vordertheils, die zweite die nach der vo
den Theorie, wonach der Widerstand dem Quadrate d
des Einfallswinkels proportional seyn soll, berechneten
stände, die dritte die durch die Versuche gefundenen,
vierte die Unterschiede beider, indem zugleich die
chen Gröſsen zur bequemeren Uebersicht auf 10000
sind.

---

beiten der für gleiche Zwecke vereinten schwedischen und
Gesellschaften anschlieſsen.

Widerstand			
Winkel	berechnet	Versuch	Unterschied
180°	10000	10000	0
168	9890	9893	3
156	9568	9578	10
144	9045	9084	39
132	8346	8446	100
120	7500	7710	210
108	6545	6925	380
96	5523	6148	625
84	4478	5433	955
72	3455	4800	1345
60	2500	4404	1904
48	1654	4240	2586
36	955	4142	3187
24	432	4063	3631
12	109	3999	3890

ltate der Versuche weichen von den theoretisch ge-
so bedeutend ab, daſs die Unterschiede unmöglich
n von Beobachtungsſehlern gelten können, sondern
tischen Bestimmungen als ungenügend darstellen. Die
er leiteten aus diesen Versuchen eine empirische For-
vonach

$$p = P \, Cos.^2 x + 3{,}153 \left(\frac{x}{60^\circ}\right)^{3{,}25}$$

x die Ergänzung des halben Winkels A CB, P den Wi-
gen die gerade Fläche, p aber den gegen das den gege-
nkel bildende Vordertheil des Bootes bezeichnen. Für
nkel von 12° giebt diese Formel eine Abweichung
mehr als 0,01 des Ganzen, für die übrigen noch ge-
nd wir können sie daher als den Versuchen hinläng-
gend betrachten. Robison bemerkt indeſs, daſs diese
war in dem Falle leicht anwendbar und bequem sey,
Vordertheil aus geraden Flächen besteht, keineswegs
n diese gekrümmt sind, in welchem Falle obendrein
hnung sehr wenig mit der Erfahrung übereinstimmt,
Bewegung der Flüssigkeit durch den anfänglichen Stoſs
l modificirt wird, und wir nicht annehmen dürfen,
Vordertheil aus einer Zahl von Flächen zusammenge-
, deren jede für sich genommen denjenigen Impuls er-

Digitized by Google

des Körpers und von der Verschiedenheit der Bewegung, che die auf die vordere Seite des Körpers stoſsenden Flü keitstheile in Folge dieses Stoſses je nach der vorhanden stalt der vorderen Fläche annehmen, insofern hierdurch Stärke des sogenannten *negativen Widerstandes* mod wird. Alles dieses erwägend glaubt YOUNG, der Wide gegen geneigte Flächen $= r'$ lasse sich durch folgende F ausdrücken, wenn r den Widerstand gegen die gerade F und α den Neigungswinkel bezeichnet:

$$r' = \frac{0{,}2\,r + 0{,}04\,\mathrm{Tang.}\,\alpha + 288\,\mathrm{Cos.}^2\alpha}{360 + \alpha}.$$

Daſs der gerade Widerstand einer Flüssigkeitssäule v gegebenen Basis und einer der Geschwindigkeit zugeh Fallhöhe gleich sey, wird hierbei als ausgemacht angeno Noch genauere Werthe soll eine andere, aus der Erfa entnommene Formel geben, wonach

$$r' = r\ \mathrm{Cos.}^2\,\alpha + 0{,}0000004217\,\alpha^{3{,}18}$$

ist. Ob die bis dahin bekannt gewordenen Versuche ge die Genauigkeit dieser Formeln zu prüfen, die nur für bis zu 80° gültig seyn sollen, möge auf sich beruhn.

25) Ohne bei der vorhandenen überreichen Litera Vollständigkeit Anspruch zu machen, und der Kürze manche nicht unbedeutende Arbeiten übergehend, z. EYTELWEIN[1], GERSTNER[2], ROMME[3], die theoretischen suchungen über den Wasserstoſs von LA GRANGE[4], d geschätzten Untersuchungen von DU BUAT[5] und BOSSU XIMENES[7], ZULIANI[8], BRUNACCI[9], GIUSEPPE AVANZINI

1 Sammlung zur Baukunst. 1799.
2 Böhmische Abhandlungen 1795. Th. II.
3 Art de la Marine. Roch. 1787.
4 Mém. de Turin. 1784 u. 1785.
5 Principes d'hydraulique. 2me éd. Par. 1786. §. 440 ff.
6 Nouv. expériences sur la résistance des fluides. Par. 177 de l'Acad. 1778.
7 Nuove sperienze idrauliche. Siena 1780.
8 Mem. dell' Accademia di Padova. T. III.
9 Società Italiana. T. XVII. Part. Mat. p. 79.
10 Saggio di Padova. T. IV. p. 96. Instituto nazionale Ita I. part. 1.

Digitized by Google

andere, insbesondere aber die gehaltreiche Bearbeitung Aufgabe zunächst in Beziehung auf den Stoſs und Wi- d des Wassers von Giuseppe Venturoli[1], ohne ferner Untersuchung der Form derjenigen Körper einzugehn, n geringsten *Widerstand* entgegensetzen, ein Problem, s zuerst von Newton, später unter andern von l'Ho-[2], Craig[3], Bouguer[4], Legendre[5], Emerson[6] und ver- en Anderen[7] behandelt wurde, mögen die nachfolgenden ungen hier noch eine Stelle finden.

rst dürfen Faraday's[8] Versuche nicht übergangen wer- Er bediente sich hierbei einer Maschine, mittelst deren dle mit Flügeln in *verschiedenen Gasarten* durch eine leich stark in Bewegung gesetzt wurde, wobei dann die ng so viel kürzere Zeit dauerte, je gröſser der Wider- n im Gefäſse eingeschlossenen Luft war, der den Still- herbeiführte. Sie dauerte in kohlensaurem Gas 6 Sec.; sphärischer Luft 8 Sec.; in Steinkohlengas 10 Sec. und serstoffgas 17 Secunden. Zwar geht hieraus der abso- derstand der Gase nicht hervor, wohl aber, daſs derselbe chtigkeit proportional sey.

Zu den bedeutendsten neuesten Untersuchungen über derstand der Mittel gehören die von Tredgold. In teren Abhandlung desselben[9] befinden sich bloſs theo- Betrachtungen, ohne Rücksicht auf die bereits vorhan- hlreichen Versuche. Zunächst bestreitet er den von aufgestellten Satz, daſs der Widerstand, welcher eine e Flüssigkeit gegen einen in ihr bewegten Cylinder Kugel, beide von gleichem Halbmesser, ausübt, sich

---

lementi di Meccanica e d'Idraulica. Terz. ed. Milano 1818. 8. . III. p. 168.
Mém. de l'Acad. de Par. 1699. p. 107. Hist. p. 95.
Philos. Trans. 1701. T. XXII. p. 746.
Mém. de l'Acad. 1733. p. 85. 1767. p. 504.
Ebendaselbst 1786. p. 21.
Tracts on naval architecture. T. II. p. 39.
Vergl. über die ältere Literatur: Hutton math. and phil. Dictio- II. p. 319.
Journ. of Sc. and Arts. T. III. p. 354. Ann. de Chim. et Phys. 300.
Philos. Magaz. T. LXVIII. p. 12 u. 113.

Google

wie 2:1 verhalte, weil der Grund, woranf er beruht, n
daſs die Kraft, womit ein Theilchen einer gegebenen
dem Stoſse der Flüssigkeit zu widerstehn vermöge, dem
drate des Sinus des Neigungswinkels der Fläche geg
Richtung der Bewegung proportional sey, als ungenüge
Fig. 199. scheine. Ist CD die in der Richtung AB mit gleich
Geschwindigkeit bewegte Fläche, so ist AE der loth
Druck der Flüssigkeit gegen dieselbe, und der wirkliche
derselben gegen die Fläche muſs sich verhalten wie A
wonach also der Widerstand = AB:AE oder dem Sinus
proportional seyn wird. Insofern also der lothrechte W
stand gegen eine schiefe Fläche in zwei Kräfte, diejenig
mit der Bewegung, und diejenige, womit dem Abgleit
derstand geleistet wird, zerlegt werden kann, so folgt
daſs EA als die Diagonale von Ab und Aa gelten
wovon Ab der Höhe einer Flüssigkeitssäule äquivale
welche der Geschwindigkeit zugehört, womit die Fläche
wird, Aa dagegen den Widerstand gegen die Zurück
ausdrückt. Hiernach ist:

$$1 : \text{Sin.}\,CAB = Ab : \frac{AE}{2},$$

also

$$AE = 2Ab\,\text{Sin.}\,CAB,$$

und

$$1 : \text{Sin.}\,CAB = AE : AB,$$

also

$$AB = 2Ab\,\text{Sin.}^2\,CAB,$$

wonach

$$Ab : AB = 1 : 2\,\text{Sin.}^2\,CAB.$$

Ist demnach die Bewegung perpendiculär gegen die Flä
ist $Ab = \frac{AB}{2}$ oder der Widerstand ist gleich dem d
Gewichte einer Säule der Flüssigkeit, deren Höhe d
schwindigkeit der Bewegung zugehört.

Bei einem Cylinder und einer Kugel kommt die W
der nachströmenden, in den verlassenen Raum eindrin
Flüssigkeit in Betrachtung, und wenn man diese vern
sigt, so verhält sich nach Tredgold bei gleichem Dur
ser der Widerstand gegen den Cylinder zu dem gegen d
gel wie 3:2.

Aus allem diesen folgt, daſs, wenn man die Wid

de Säule der Flüssigkeit auf die Geschwindigkeit redu- welche ein in einer Secunde fallender Körper erhält, ese Höhe h nennt, ihr allgemeiner Ausdruck $\sqrt{\frac{4gh}{2}}$ ist 12½ engl. Fuſs genommen), und wenn dann die Ge- digkeit v der bewegten Fläche gleichfalls in Sexagesi- nden genommen, der Neigungswinkel gegen die Rich- r Bewegung aber durch α bezeichnet wird, so ist

$$v \, \text{Sin.} \, \alpha = \sqrt{2gh}, \text{ also } h = \frac{v^2 \, \text{Sin.}^2 \alpha}{2g}.$$

er der lothrechte Widerstand gegen die bewegte Fläche dem in der Richtung ihrer Bewegung wie $1 : \text{Sin.} \, \alpha$ so wird aus

$$1 : \text{Sin.} \, \alpha = \frac{v^2 \, \text{Sin.}^2 \alpha}{2g} : \frac{v^2 \, \text{Sin.}^3 \alpha}{2g}$$

e einer dem Widerstande gleichen Säule der Flüssigkeit . Heiſst dann b ihre Grundfläche in Fuſsen und Gewicht eines Kubikfuſses derselben, so ist ihr Ge-

$$p = \frac{b w v^2 \, \text{Sin.}^3 \alpha}{2g}.$$

olgt:

er Widerstand gegen einen Cylinder, welcher in einer Basis lothrechten Richtung bewegt wird, wenn r den er der Kreisfläche und π die Ludolph'sche Zahl be- ist $= \frac{r^2 \pi w v^2}{2g}$.

t der bewegte Körper ein Kegel, oder endigt er in gel, welcher in der Richtung seiner Axe bewegt wird, t eine in seiner Seite gezogene Linie l, der Winkel lchen diese mit der Axe macht, α (wonach seine he $= \text{Sin.}^2 \alpha \pi$ ist), so ist der Widerstand gegen gel $= \frac{\pi w v^2 \, \text{Sin.}^5 \alpha}{2 g l^3}$ (weil hierbei l den Radius des tritt, auf welchen der Sinus des Winkels bezogen d welcher in der oberen Formel $= 1$ genommen wurde). 2 Sin.$^2 \alpha$, also wenn die Axe des Kegels die Hälfte messers seiner Basis beträgt, so ist der Widerstand

Digitized by Google

… $^3\alpha$ —, und sein Widerstand verhält sich zu … linder von gleichem Halbmesser wie 1:1, … der bewegte Körper in eine Halbkugel … r, so läſst sich die Richtung ihrer … die Flüssigkeit einem Winkel von 47° 28′ … r Widerstand ist $= \frac{0,4 \times \pi w v^2 r^2}{2g} = \frac{\pi w}{5}$ … er Widerstand gegen einen Cylinder zu der … kugel wie 5:2 verhält.

… n setzt dann ferner den Druck, welchen … Flüssigkeit gegen den bewegten Körper … r Säule derselben gleich, welche gegen … Ruhe drückt, und nennt diese = m, mit … Neigungswinkel der Fläche gegen die R… aber = m Sin. α. Indem aber der Wider… $\frac{v^2 \text{Sin.}^3 \alpha}{2g} = \frac{2 v^2 \text{Sin.}^3 \alpha}{4g}$ gefunden worden … Säule aber der erhaltenen Geschwindigkeit … egung gesetzt werden muſs, so ist der … nein

$$= \frac{2 v^2 \text{Sin.}^3 \alpha - 4 g m \text{Sin.}\alpha + v^2 \text{Sin.}^3 \alpha}{4g}$$

$$= \frac{3 v^2 \text{Sin.}^3 \alpha - 4 g m \text{Sin.}\alpha}{4g}.$$

… der Widerstand dem Quadrate der Geschw… ect proportional, und wenn die Geschw… als diejenige, welche das Medium sich … ortpflanzen kann, so muſs es sich vor … r anhäufen, bis seine Dichtigkeit oder … Elasticität groſs genug wird, um den … n eine Bewegung in der Richtung der …

… ne diese frühere Abhandlung zu erwäh… einer späteren[1] die nämliche Aufgabe … die hiernach theoretisch gefundenen Res… Erfahrung erhaltenen verglichen. Hier…

1 … los. Magazine and Annals cet. 1828. T. III. p…

Digitized by Google

früher, an, daſs der *directe Widerstand* der Höhe ſsigkeitssäule gleich sey, welche durch ihren freien dem bewegten Körper gleiche Geschwindigkeit v ren Höhe h mit Rücksicht auf den Neigungswinkel $\frac{v^2 \text{Sin.}^3 \alpha}{2g}$ sey, wie dieses oben näher erläutert worden zu kommt das, was er *Minusdruck* (*Minus Pressure*) Die Quantität der Flüssigkeit, welche erfordert wird, inter dem bewegten Körper entstandenen Raum zu ll bei jeder Form desselben eine beständige Gröſse l dieser Mangel des Druckes daher bloſs nach der igkeit variiren, welche die Flüssigkeit annehmen dem bewegten Körper zu folgen. Heiſst dann β der velchen die Fläche mit der Richtung der Bewegung ist die Geschwindigkeit $= v\ \text{Sin.}\ \beta$, und dem- hieraus erwachsende Widerstand[1] $= \frac{v^2 \text{Sin.}^2 \beta}{4g}$, wie rden beide Gröſsen verbunden, so ergiebt sich die e H der dem Widerstande äquivalenten Flüssigkeits-

$$H = \frac{v^2}{4g}(2\,\text{Sin.}^3\alpha + \text{Sin.}^2\beta) + F,$$

Reibung bezeichnet. Wird angenommen, daſs eine

---

[1] OLD nennt dieses *resistance from the deficiency*, und ich arstellung unverändert. Offenbar aber muſs der in einer ewegte Körper den Theil derselben, in dessen Raum er r sich hin, zur Seite u. s. w. drücken, und die hierzu Kraft ist diejenige, welche den Widerstand überwinden bt den gesammten Widerstand. Die Flüssigkeit wird aber den bewegten Körper erzeugten Raum wieder eindringen, e gewisse Bewegung erhalten, und mit der hierdurch er- hwindigkeit, wenn die Bewegung des Körpers nicht zu ie Hinterseite desselben stoſsen. Sie bildet also einen der eit des bewegten Körpers umgekehrt proportionalen, bei en Grade der Geschwindigkeit verschwindenden negativen sofern sie durch ihren Stoſs die Bewegung befördert, und vom eigentlichen Widerstande abgezogen werden. Man r bald, daſs die Auflösung dieser Aufgabe, insbesondere e Beschaffenheit der jedesmaligen Flüssigkeit und die Rich- egung in Beziehung auf die Falllinie berücksichtigt, zu lten Functionen führt, die bis jetzt der Gewalt der Ana- ndliche Schwierigkeiten entgegenstellten.

zur Ueberwindung der Reibung erforderliche Säule x Fuſs habe, so wäre

$$H - x = \frac{v^2}{4g}(2\,\text{Sin.}^3\alpha + \text{Sin.}^2\beta)$$

oder

$$x = H - \frac{v^2}{4g}(2\,\text{Sin.}^3\alpha + \text{Sin.}^2\beta),$$

wenn H die zur Erzeugung der Bewegung erforderliche bezeichnet. Wird ferner angenommen, die Reibung verhal wie das Quadrat der Geschwindigkeit, und setzt man die einer Wassersäule, deren Gewicht der Reibung von 1 dratfuſs Fläche bei 1 Fuſs Geschwindigkeit in 1 Sec. kommt, $= f$, so ist $\frac{f}{s}$ die Höhe dieser Säule über die sammte Fläche s des bewegten Körpers verbreitet, und i lp die Ausdehnung dieser Gesammtfläche, so wird

$$x = \frac{f l p v^2}{s}.$$

Obgleich namentlich bei gröſseren Geschwindigkeiten d bung sich nicht genau bestimmen läſst, so kann m annehmen, daſs die Höhe der zu ihrer Ueberwindung e lichen Säule um eine Gröſse $= Av$ vermehrt werde, der Coefficient A aus der Beschaffenheit der Flüssigk stimmt werden muſs, und dann ist

$$x = \frac{f p v^2 (l + Av)}{s},$$

mithin

$$H = v^2\left(\frac{2\,\text{Sin.}^3\alpha + \text{Sin.}^2\beta}{4g} + \frac{f p (l + Av)}{s}\right).$$

Aus dieser allgemeinen Gleichung lassen sich für die v den gestalteten Körper folgende entwickeln:

a) Wenn eine ebene Fläche von gegebenem Inh überall gleicher Dicke in gewissen Winkeln gegen ein sigkeit bewegt wird, so ist mit Vernachlässigung der R

$$H = \frac{v^2}{4g}\left\{2(\text{Sin.}^2\alpha + \text{Cos.}^2\alpha) + \text{Sin.}\,\alpha + \text{Cos.}\,\alpha\right\}.$$

Ist die Dicke unbedeutend, so daſs der Einfluſs der Seit nachlässigt werden kann, so wird

Digitized by Google

$$H = \frac{v^2}{4g}(2\,\mathrm{Sin.}^2\alpha + \mathrm{Sin.}\alpha).$$

) Ist der bewegte Körper ein Parallelepipedon mit einem
migen Vordertheil, so ist $\mathrm{Sin.}\beta = 1$, und also

$$H = \frac{v^2}{4g}(2\,\mathrm{Sin.}^3\alpha + 1),$$

t Rücksicht auf die Reibung

$$H = \frac{v^2}{4g}\left(2\,\mathrm{Sin.}^3\alpha + 1 + \frac{4gfp\left(1 + \frac{b}{4\,\mathrm{Sin.}\alpha}\right)}{s}\right).$$

Durch höhere Rechnung findet Tredgold für die Kugel
$\frac{3v^2}{4g}$, für den Cylinder mit der Halbkugelfläche am vor-
ende $H = \frac{1{,}8\,v^2}{4g}$ und mit der Halbkugelfläche am hinteren
$\frac{5v^2}{g}$. Hiernach sind die verhältniſsmäſsigen Wider-
gen die verschieden gestalteten Körper:

einen Cylinder mit ebenen Grundflächen	3	oder	1,00
— — — halbkugelförmiger Hinterfläche	2,5	—	0,833
— — — halbkugelförmiger Vorderfläche	1,8	—	0,60
eine Kugel von gleichem Radius . . .	1,3	=	0,433

Um diese theoretischen Bestimmungen durch die Er-
zu prüfen, wählt Tredgold die oben (§. 23) bereits
lten und mit der alten Theorie verglichenen Resultate
Versuchen der Mitglieder der französischen Akade-

Bossut Traité d'Hydrodynamique. T. II. p. 411. Tredgold
gegen die Bahn.

Digitized by Google

Winkel	beobacht.	Widerstand berechnet ohne Reib.	mit Reib.	Untersch.
180°	10000	10000	10000	0,0000
168	9893	9891	9893	0,0000
156	9578	9571	9578	0,0000
144	9084	9067	9083	0,0001
132	8448	8417	8442	0,0006
120	7710	7663	7700	0,0010
108	6925	6863	6913	0,0012
96	6148	6068	6131	0,0017
84	5433	5330	5407	0,0026
72	4800	4687	4777	0,0023
60	4404	4170	4272	0,0132
48	4240	3781	3897	0,0343
36	4142	3530	3662	0,0480
24	4063	3393	3552	0,0511
12	3999	3341	3578	0,0421

Die Unterschiede sind an sich nicht groſs, wachsen a[illegible] bar mit der Abnahme der Winkel, und es wäre d[illegible] thunlich, sie noch kleiner zu machen.

29) Auch die Resultate, welche Vince (§. [illegible] Wirbelmaschine erhielt, vergleicht Tredgold mit [illegible] seine Formel gegebenen, wenn $H = \frac{v^2}{4g}(2\,\mathrm{Sin.}^2 a +$ [illegible] setzt wird. Nimmt man den Widerstand bei einem [illegible] winkel von 90°, oder wenn die Bahn lothrecht auf [illegible] Fläche gerichtet ist[1], = 1000 an, so giebt für kl[illegible] kel die Formel $H = \frac{1000\,(2\,\mathrm{Sin.}^2 a + \mathrm{Sin.}\,a)}{3}$ fol[illegible] hältnisse der Widerstände:

1 Hiernach bezeichnet also ein Winkel von 90° d[illegible] Winkel von 180° in der vorausgehenden Tabelle.

Digitized by Google

Winkel	Widerstand Versuch	Widerstand Rechnung	Unterschied
90°	1000	1000	0
80	963	975	+12
70	915	902	−13
60	820	788	−32
50	660	646	−14
40	506	489	−17
30	330	333	+ 3
20	157	192	+35
10	48	78	+30

30) Einige der Resultate, welche die Gesellschaft für ...baukunst[1] aus ihren Versuchen erhielt, vergleicht er ...falls. Der Widerstand wurde bei einer Geschwindigkeit ... Seemeilen in 1 Stunde oder 8,35 Par. Fuſs in 1 Se... gefunden, und zeigte bei verschieden gestalteten Körpern ...de Verhältnisse:

Gestalt der Körper	Widerstand berechnet	Widerstand Versuch	Verhältniſs
...quadratische Platte	100,7 ℔.	80,76 ℔.	1,08
... .	100,7 —	79,34 —	1,07
...runde Scheibe	100,7 —	80,64 —	1,08
...er	100,7 —	74,69 —	1,00
...er mit Halbkugelhinterfläche	83,9 —	56,04 —	0,75
...er mit Halbkugelvorderfläche	60,4 —	22,28 —	0,30
...er mit zwei Halbkugelflächen	43,6 —	18,53 —	0,25
. . . .	43,6 —	25,24 —	0,34

...OLD meint, es müsse in der Art, diese Versuche anzu... irgend ein Fehler begangen worden seyn, weil ihre ...ate mit andern nicht übereinstimmen.

f) Mit Uebergehung einiger anderer Vergleichungen wen... wir uns zu der, welche mit den durch Hutton's Ver... erhaltenen Resultaten angestellt worden ist, da diese, oben ... bereits erwähnten zu den zuverlässigsten gehören. Hier-

[1] Society for the improvement of naval architecture. S. Buchan... propelling vessels by steam. 1816. Vergl. §. 33 ff.

bei ward eine rectanguläre Scheibe von 32 Quadratzoll Flä[illegible] inhalt auf dem Arme der Wirbelmaschine befestigt, und [illegible] eine verschiedene Neigung gegen die Bahn gegeben. [illegible] dann der Widerstand bei 90° oder bei lothrechter Richtung [illegible] Scheibe gegen die Bahn = 1000, so gehn folgende W[illegible] hervor:

Winkel	Widerstand nach Versuch	Widerstand nach Rechnung	Unterschied
90°	1000	1000	0
80	994	975	−19
70	957	902	−55
60	868	788	−80
50	724	646	−78
40	533	489	−44
30	331	333	+ 2
20	158	192	+34
10	52	78	+26
5	19	34	+15

War der Neigungswinkel der Scheibe 90° und die Ges[illegible] digkeit 12 Fuſs in 1 Secunde, so betrug der Widerstand [illegible] Unze, nach Tredgold's Rechnung 0,896 Unze.

Auch auf die Versuche, welche Hutton mit sehr [illegible] bewegten Kugeln anstellte, dehnt Tredgold seine W[illegible] chungen aus. Um die aufgefundene Formel für Kugel[illegible] wendbar zu machen, giebt er ihr folgende Gestalt:

$$H = \frac{v^2}{4g}\left(1{,}3 + \frac{1{,}3 \times 0{,}000000332 \times 4v}{d}\right),$$

und da ein Kubikfuſs Luft bei dem gegebenen Barometer[illegible] und der bestehenden Temperatur 1,2 Unzen wiegt, die [illegible] des Kugelschnittes aber 0,7854 d² Fuſs beträgt, so erhält [illegible]

$$\text{Widerstand in Unzen} = \frac{v^2 d^2}{105}\left(1 + \frac{0{,}000001328\,v}{d}\right.$$

Digitized by Google

schwind. in Fuſs	Widerstand in Unzen gegen eine Kugel von 2 Z. Durchmesser. Nach Versuch	Nach Rechnung ohne Reibung	mit Reibung	Unterschied
5	0,006	0,0066	0,0066	0,000
10	0,026	0,0265	0,0265	0,000
15	0,058	0,0595	0,0598	+ 0,001
20	0,103	0,106	0,1066	+ 0,003
25	0,163	0,166	0,1673	+ 0,004
30	0,237	0,238	0,2401	+ 0,003
40	0,427	0,425	0,4301	+ 0,003
50	0,676	0,665	0,6750	— 0,001
100	2,780	2,647	2,7270	— 0,053
200	11,34	10,60	11,240	— 0,100
300	25,80	23,80	25,960	+ 0,160
400	46,50	42,50	47,620	+ 1,120
500	74,40	66,50	76,500	+ 2,100
600	110,4	96,00	113,28	+ 2,88
700	156,0	130,0	157,44	+ 1,44
800	212,0	171,0	211,96	— 0,04
900	280,3	215,0	273,32	+ 6,98
1000	362,1	265,0	345,00	+ 17,10
1100	456,9	321	427,48	+ 29,42
1200	564,1	383	521,24	+ 42,86
1300	683,3	450	625,76	+ 57,54
1400	811,5	520	739,52	+ 71,98
1500	947,1	595	865,00	+ 82,10
1600	1086,9	680	1007,7	+ 79,2
1700	1228,4	769	1162,0	+ 66,4
1800	1368,6	860	1326,6	+ 42,0
1900	1505,7	960	1508,7	— 3,0
2000	1637,8	1060	1700,0	— 62,2

man die groſsen Schwierigkeiten berücksichtigt, welche ölligen Genauigkeit solcher Versuche entgegenstehn, so an allerdings der hier statt findenden Uebereinstimmung pirisch gefundenen mit den berechneten Werthen gerechte nnung widerfahren lassen. Die Unterschiede sind bald , bald negativ und in ihrer Reihenfolge so wenig regel-, daſs die Formel nicht wohl einen constanten Fehler kann; doch sind allerdings die Abweichungen mitunter wegs unbedeutend, was jedoch bei den groſsen Schwieren, die mit der Anstellung solcher Versuche unzertrennbunden sind, nicht auffallen kann.

32) Schwerlich hat ein Gelehrter der älteren ode neueren Zeit auf irgend ein wiſſenſchaftliches Problem s Mühe und Anstrengung verwandt, als Colonel Mark Be auf das vorliegende, nämlich den Widerstand der Mittel haupt und insbesondere den Widerstand des Wassers Schiffe je nach ihrer verschiedenen Bauart. Seine Auf samkeit auf diesen Gegenstand wurde erregt, als er in s funſzehnten Jahre einst einen berühmten Professor der M matik äuſsern hörte, ein Kegel erleide weniger Widerst Wasser, wenn er mit der Basis, als wenn er mit der S gegen dasselbe bewegt werde, und weil der Jüngling paradoxen Satz bezweifelte, so lieſs er sich sofort einen verfertigen, setzte ihn in einem groſsen Kühlfaſse der brauerei seines Vaters durch Gewichte in gleichförmige gung, und ſand dadurch die im voraus erwartete Widerst Von diesem Augenblicke an bis kurz vor seinem Tode w er die ihm hierdurch besonders interessant gewordene mit rastlosem Fleiſse. Zu welchen allgemeinen Endre übrigens seine vielen Bemühungen und insbesondere sein aus zahlreichen Experimente führen werden, ist noc bekannt, und läſst sich erst dann gehörig würdigen, w weitere bedeutende Rest seiner nachgelassenen Manuscri Kenntniſs des Publicums gelangt seyn wird. Wir verschiedene Abhandlungen von ihm, die meistens neuerte und verbesserte Versuche enthalten. Einige beziehn sich auf den Widerstand der Luſt oder viel Kraſt des Windstoſses gegen verschieden gestaltete und gleichen Neigungen der Luſt entgegen bewegte Flächen sächlich zur Ermittelung der geeignetsten Gestalt und der Windmühlenflügel und der Segel. Für diesen Zw diente er sich[2] einer Maschine, die, in ihren wes Theilen und ihrer Construction im Ganzen nach, de gleicht, die Smeaton (§. 18) gebrauchte, und der Vorzug geben möchte, sobald nur die Bewegung du wichte und nicht durch Ziehen mit der Hand hervor wird. Von den Tabellen, worin die Resultate aus d suchen zusammengestellt sind, mögen nur folgende hi

1 S. Nautical and hydraulical Experiments. Preface. p.
2 S. Annals of Philosophy. T. VI. p. 277. T. VIII. p.

Digitized by Google

m. Wird zuerst der ganze Effect und der die Umdrehung Windmühlenflügel bewirkende zu 10000 angenommen, so beide je nach dem Neigungswinkel der Flügel gegen die tung des Windes folgende:

Winkel	Effect ganzer	Effect forttreibender	Winkel	Effect ganzer	Effect forttreibender
5°	217	134	50°	6069	561
10	438	236	55	6708	548
15	940	407	60	7410	496
20	1561	533	65	8244	455
25	2274	644	70	8615	342
30	3475	753	75	8934	272
35	4118	710	80	9279	184
40	4832	708	85	9551	98
45	5377	666	90	10000	0

ner anderen Reihe von Versuchen waren die Flügel fest-t, so daſs sie sich nicht um ihre horizontale Axe konnten; sie gaben daher nur für verschiedene Neigungs- und die ungleichen Geschwindigkeiten der Luftbewe- die absolute Kraft des Stoſses in Unzen Avoir-du-poids eine Fläche von 2 Quadratfuſs Inhalt. Diesem ist hin-gt der Werth von x oder der Exponent, wenn man für dene Geschwindigkeiten die Kraft $= v^x$ nimmt.

Digitized by Google

[Nei]gungs-winkel	Widerstände für Geschwindigkeiten von					
	4 F.	8 F.	10 F.	12 F.	16 F.	20 F.
90°	1,0860	4,4757	7,0580	10,238	18,409	20,011
85	1,0821 [1]	4,3458	6,8252	9,8681	17,652	27,700
80	1,0782	4,3152	6,7412	9,7052	17,421	26,920
75	1,0610	4,2060	6,5500	9,4075	16,650	25,919
70	1,0128	4,0323	6,3048	9,0424	16,031	24,993
65	0,9280	3,7665	5,9099	8,5380	15,254	23,918
60	0,8664	3,4587	5,3983	7,7656	13,780	21,495
55	0,7315	3,0112	4,7458	6,8805	12,359	19,462
50	0,6635	2,7285	4,2988	6,2460	11,187	17,607
45	0,6130	2,4754	3,8774	5,6072	9,9680	15,600
40	0,5212	2,1574	3,4052	4,9420	8,8918	14,017
35	0,4382	1,8251	2,8858	4,1947	7,5629	11,947
30	0,3320	1,4977	2,3852	3,4868	6,3423	10,081
25	0,2790	1,0917	1,6930	2,4223	4,2604	6,5987
20	0,1590	0,6790	1,0800	1,5760	2,8570	4,5275
15	0,1235	0,4304	0,6735	0,9749	1,7446	2,7277
10	0,0678	0,2397	0,3598	0,5014	0,8462	1,2720
5	0,0353	0,1223	0,1824	0,2529	0,4320	0,6310

[De]r Exponent der Geschwindigkeit x ist im Mittel = [...] kommt also der Größe 2 so nahe, daſs der Untersch[ied] [ver]schwindend erscheinen kann; auffallend ist aber, daſs [der We]rth bei kleinen Neigungswinkeln so stark abnimmt, [...] die drei letzten Bestimmungen würde er = 2,0851 [...] darf daher mit Grund annehmen, daſs der Wide[rstand dem] Quadrate der Geschwindigkeit proportional ist, mit [einer Zu]nahme, die bei wachsenden Geschwindigkeiten glei[ch...] einem gewissen Gesetze erhöht wird. Es ist dieses [...] eine Folge der zunehmenden Aufstauung der Flüssig[keit vor] den bewegten Körpern zu betrachten.

33) Bei weitem der gröſste Theil der Bemühungen B[...] war auf die Erforschung des Widerstandes gerichtet, [...] das Wasser verschieden gestalteten und in verschied[enen Richt]ungen gegen dasselbe bewegten Körpern entgegensetzt [...]

1 Statt dieser Zahl steht 1,0678, was aber falsch ist, wie sic[h ...] [b]erechneten Geschwindigkeit ergiebt.

[2] Man findet dieses alles in einem Prachtwerke: Nautical [and hydr]aulic experiments with numerous scientific miscellanies. By [...]

Digitized by Google

: der oben erzählten Veranlassung wurde er vermocht, Reihen von Versuchen mit Pendeln, die sich im Wasser ten, anzustellen. Durch Bekanntwerdung dieser gedie- Arbeiten erwarb er sich das erforderliche Zutrauen, und wohl hauptsächlich Veranlassung, daſs am 14ten April 1791 reits erwähnte Gesellschaft (*Society for the improve- of naval architecture*) unter der Präsidentschaft des Her- von Clarence gestiftet wurde, welche eine auſseror- the Menge von Versuchen in einem sehr geeigneten Bassin önland-Werftes (*Greenland Dock*) unweit London an- Hierbei wurden die verschiedenst gestalteten Körper auf der Oberfläche, als auch etliche Fuſs tief unter Wasser durch die erforderlichen Gewichte mit bestimmter windigkeit bewegt, um hierdurch den Widerstand zu er- , und um den eigentlichen Zweck nicht zu verfehlen, man sogar ziemlich groſse Boote von der verschieden- bauart. Der gröſste Theil der Mühe bei der Anstellung suche und der Berechnung der Resultate fiel auf Beau- welcher mit Hülfe seiner gelehrten Frau den gröſsten seiner Zeit darauf verwandte. Zwei Reihen von Versu- nd auf diese Weise zusammengestellt worden, die aus den 1793 bis 95 und 1796 bis 98; eine Mittheilung der- oder auch nur eine abgekürzte Zusammenstellung der te würde aber als zu weitläuftig hier um so weniger am Orte seyn, als ihr Nutzen sich zunächst auf die Schiff- st bezieht.

) Mark Beaufoy[1] hat unterdeſs verschiedene einzelne lungen bekannt gemacht, die sich auf das Problem vom stande der Mittel beziehn, von denen ich jedoch nur die- mittheile, welche in einigen sehr instructiven Tabellen mmenstellungen der vorzüglichsten mittleren Resultate ent- In einer dieser Tabellen ist der Widerstand in Pfunden ben, welchen eine Fläche von 1 Quadratfuſs Inhalt Fuſs Geschwindigkeit in 1 Secunde erleidet, wenn sie

---

rk Beaufoy, F. R. S. In three Volumes, with Plates. Imp. 4to. Lond. 1834. Leider ist von diesem nach seinem Tode durch Sohn Henry Beaufoy herausgegebenen Werke bis jetzt nur der Theil erschienen.

Annals of Philos. New Ser. T. III. p. 276. Vergl. Ann. of T. III.

unter Winkeln von 90° bis 10° Neigung gegen die Ri[…] ihrer Bahn bewegt wird.

Neigung	Widerst.	Neigung	Widerst.	Neigung	Widerst.
90°	42,855	60°	34,644	30°	21,867
80	40,171	50	30,720	20	10,031
70	37,382	40	25,717	10	3,086

Noch wesentlicher ist die folgende Tabelle, wovon di[…] Columne die Geschwindigkeiten in 1 Sec., die zweite di[…] einer Wassersäule in Fuſsen enthält, welche herabfalle[…] gleiche Geschwindigkeit, als die gegebene, erhalten wü[…] dritte diejenige Kraft in Pfunden angiebt, welche eine […] Säule gegen die gegebene runde oder quadratische Fläch[…] von 144 Quadratzoll oder 1 Quadratfuſs Inhalt, ausüben […] die vierte den mittleren Widerstand, welchen beide Fläc[…] der Bewegung wirklich erlitten, die fünfte den Untersch[…] beiden vorhergehenden Columnen und die sechste de[…] Erfahrung gefundenen Minuswiderstand gleichfalls in Pf[…]

Geschwindigkeit	Höhe der Wassersäule	Gewicht derselben	Widerstand	Unterschied	Minuswiderstand
1 Fuſs	0,0156	0,9750	1,1843	0,2893	0,16
2 —	0,0621	3,3860	4,6785	1,2925	0,60
3 —	0,1399	8,7450	10,395	1,6500	1,3
4 —	0,2487	15,543	18,278	2,7350	2,2
5 —	0,3886	24,287	28,283	3,996	3,3
6 —	0,5596	34,975	40,382	5,407	4,5
7 —	0,7616	47,603	54,545	6,942	5,9
8 —	0,9948	62,175	70,745	8,570	7,3
9 —	1,2590	78,690	88,960	10,270	9,2
10 —	1,5544	97,150	109,17	12,020	11,0
11 —	1,8806	117,82	131,36	13,54	12,9
12 —	2,2383	139,90	155,55	15,65	14,9
13 —	2,6270	164,18	181,89	17,71	17,18
14 —	3,0476	190,42	210,22	19,80	19,5
15 —	3,4974	218,59	240,56	21,99	22,1
16 —	3,9793	248,71	272,89	24,18	24,7
17 —	4,4923	280,77	307,22	26,45	27,58
18 —	5,0363	314,77	343,50	28,73	30,51
19 —	5,6114	350,71	381,78	31,07	33,56
20 —	6,2117	388,61	422,03	33,42	36,74

Digitized by Google

rgiebt sich, daſs der wirkliche Widerstand den theo-
fundenen bedeutend übersteigt; in wie weit aber das
he Gesetz vom Quadrate der Geschwindigkeiten da-
instimmt, darüber sind keine Untersuchungen ange-
den. Wenn aber in der vorigen Tabelle der Wider-
n 1 Quadratfuſs Fläche bei 6 Fuſs Geschwindigkeit
= 42,855 ℔., hier aber nur = 40,382 ℔. gefun-
e, so rührt dieser Unterschied = 2,473 ℔. davon
die letzteren Versuche mit gröſserer Sorgfalt und Ver-
iniger zufälliger Hindernisse angestellt wurden; der
l dürfte aber darin liegen, daſs jene Versuche mit
'lächen gemacht und auf 1 Quadratfuſs reducirt, diese
it runden und quadratischen Flächen von genau 1
ı Inhalt angestellt worden sind.

Vie groſs auch der Aufwand und die Mühe waren,
genannte Gesellschaft auf ihre Versuche verwendete,
doch verschiedene Hindernisse zurück, wodurch die
ssung des Widerstandes erschwert wurde, wohin
die Reibung des Seiles im Wasser gehörte. Um
rmeiden, stellte Jos. Walker[1] eine Reihe von Ver-
wozu er ein Bassin der Ostindien-Docks von
änge, 560 F. Weite und 24 F. Tiefe wählte. Er
i auf die glückliche Idee, die zur Bewegung der
rerschiedenen Geschwindigkeiten erforderliche Kraft
er Federwaage (eines *Dynamometers*[2]), woran das
les Zugseiles befestigt war, unmittelbar zu messen,
s andere Ende vermittelst einer Winde, einer Art
ezogen wurde. Die Geschwindigkeiten wurden aus
rechnet, während welcher die Boote einen Raum
ards durchliefen; um aber gleichmäſsige Geschwin-
erhalten, betrug die ganze Strecke doppelt so viel,
nur die mittleren, durch zwei Zeichen abgesteckten,
in Rechnung kamen. Zur Erreichung einer gleich-
schwindigkeit diente ein Pendel von verschiedener
lches die Arbeiter vor Augen hatten und nach des-
gungen sie die Zahl der Umdrehungen abmaſsen.

—

ı. Trans. 1828. P. I. p. 15. Edinburgh Journ. of Science.
5.

t. *Dynamometer*. Bd. II. S. 715.

Ohne die Tabellen aufzunehmen, worin die erhalten sultate zusammengestellt worden sind, wird es hier genüg wesentlichsten Resultate anzugeben. Bei minder beträch Geschwindigkeiten zeigte sich der Widerstand dem Q der Geschwindigkeit proportional, bei gröſseren ging darüber hinaus. Als Ursache hiervon ist das Aufstau Wassers vor dem Körper und das Zurückbleiben desselb ter ihm zu betrachten, und diese Wirkung kann daher ringeren Geschwindigkeiten nicht wahrgenommen werd groſsem praktischen Interesse sind die Resultate der V welche angestellt wurden, um die Kräfte zu vergleich durch Lasten mit ungleichen Geschwindigkeiten auf und auf waagerechten *Eisenbahnen* fortgeschafft werd einer Geschwindigkeit von 2,5 engl. Meilen in 1 Stu 3,44 Par. F. in 1 Sec. erfordern 30 Tonnen auf einem Ca nicht mehr Kraft, als 7,5 Tonnen auf einer Eisenbahn; Theorie vom quadratischen Verhältnisse des Widerstan den bei der doppelten Geschwindigkeit von 6,88 Fuſs beide Kräfte einander nahe gleich seyn, nach den V aber tritt diese Gleichheit bei einer Geschwindigkeit niger als 4 Meilen in 1 Stunde oder 5,5 Par. F. i schon ein. Hieraus ergiebt sich der überwiegende Vo Eisenbahnen für schnelle Bewegungen und des Wa portes für langsame.

36) Die jüngsten Versuche dürften wohl diejenig welche George Rennie[1] im Jahre 1831 bekannt ma denselben diente eine Wirbelmaschine von der Art, durch Robins angewandte, ohne sonstige Verbesserun daſs die den Widerstand leistenden Bleche und Cyl unteren Ende der drehbaren Spindel angebracht waren, ins Wasser herabgesenkt zu werden und den Widers ser Flüssigkeit zu messen. Mittelst einer ähnlichen tung, indem unten an der Spindel ein hölzerner Cylin der Axen zusammenfallend, aufgesteckt war, um i Wasser durch Schnur und Gewicht umzudrehn, best zugleich die Reibung des Wassers; eine Methode, auf keine Weise Empfehlung verdient, weil unter dingungen in kurzer Zeit, noch ehe eine gleichmäſ

1 Philos. Trans. 1831. P. II. p. 423.

Digitized by Google

indigkeit zu erreichen steht, das Waſser ſelbst in eine
ende Bewegung geräth, welche bei ſpäterer langſamerer
ehung des Cylinders ſogar eine negative Reibung geben
. Ohnehin bedarf es nur ſehr einfacher Vorrichtungen,
lich einer ſolchen, deren ſich WALKER zur Ermittelung
Widerstandes bediente, um die *Reibung* oder Adhäſion
aſsers an feſten Körpern, die auf ſeiner Oberfläche mit
den Geſchwindigkeiten fortgezogen werden, bis zu ge-
er Genauigkeit zu beſtimmen. Inzwiſchen ſoll als all-
s Reſultat aus dieſen Verſuchen hervorgehn, daſs die
 oder Adhäſion des Waſſers an feſten Körpern für
Geſchwindigkeiten dem Verhältniſs der Gröſse der Flä-
e kommt, bei gröſseren Geſchwindigkeiten aber eine
 der Flächen von keinem merkbaren Einfluſſe iſt. Eine
Reihe von Verſuchen mit anders geſtalteten Körpern
ch bei geringen Geſchwindigkeiten keine den Flächen
portionale Zunahme der Reibung, indem ſie vielmehr
ltniſs von 1:3 ſtatt von 1:4 wuchs. Die Vermeh-
Geſchwindigkeit zeigte auch hierbei keine Vermehrung
ung, nahe übereinſtimmend mit dem Reſultate, wel-
 Geſellſchaft für Beförderung der Schiffbaukunſt ge-
tte, wonach vielmehr eine mit der Zunahme der Ge-
keit abnehmende Reibung ſtatt finden ſoll. Dieſem-
ſt RENNIE, daſs die Blänke des Kupfers der Schiffe
Fahrten nicht von der Reibung, ſondern von andern
herrühre, die man vielleicht in dem ſtets erneuerten
n des anklebenden Schmuzes finden könnte.

nd zwar für die Verſuche über den Widerſtand der
 des Waſſers die einzelnen Gröſsen, namentlich die
 die Geſchwindigkeiten, die Geſtalten und die Di-
 der gebrauchten Körper in Tabellen zuſammenge-
in es fehlen zugleich zu viele anderweitige ſpecielle
ngen, als daſs es möglich ſeyn ſollte, genaue Reſul-
 abzuleiten. Hier möge es daher genügen, nur dieje-
meinen anzugeben, welche RENNIE ſelbſt daraus ab-
nach ſollen ſich die Widerſtände ſowohl gegen Luft,
gegen Waſſer wie die Quadrate der Geſchwindigkei-
ten. Ferner iſt das Verhältniſs der Widerſtände ge-
örmige Scheiben, quadratiſche Platten und Kugeln bei
nhalte der Flächen gegen Luft wie 25,180:22,010:10,627,

gegen Wasser aber wie 1,18 : 1,36 : 0,755. Hiernach ist
das Verhältniſs des Widerstandes gegen Luft und gegen W

bei kreisförmigen Scheiben = 1 : 21,3
bei quadratischen Platten = 1 : 16,2
bei hölzernen Kugeln = 1 : 2,2.

Die absolute Richtigkeit dieser Bestimmungen dürfte sich
lich verbürgen lassen.

37) Die Versuche der schwedischen Gelehrten[1] L
hielm, Forselles und Kallstenius, die mit Unter
gen in den Jahren 1811 bis 1815 zu Fahlun angestellt
verdienen noch eine nähere Betrachtung. Um die Kö
Wasser fallen zu lassen, bedienten sie sich eines se
gestellten parallelepipedischen Gefäſses von 29 schwedisch
Höhe und 1 F. 7 Z. Seite, in welchem 15,6 Fuſs un
Centrum der herabfallenden Körper und 26,4 F. abermal
einander gegenüber stehende Gläser eingesetzt waren,
Ankunft der fallenden Körper an beiden Stationen und
ihres Fallens bis dahin zu beobachten. Unten fielen sie
in einen Rahmen ausgespanntes Netz, welches an S
herausgezogen werden konnte, um die Versuche mit de
lichen Körpern zu wiederholen. Das eine Glas, dur
ches der Beobachter sah, hatte nur die Gröſse des Aug
gegenüber befindliche war ein Rechteck von 0,4 F. Br
0,07 F. Höhe, wonach also ein gesehener Körper nah
Axe des Gefäſses gefallen seyn und eine gerade Li
schrieben haben muſste, was zur genauen Messung d
raumes in der gegebenen Zeit nothwendig war; auch
Beobachtung nur dann für gelungen, wenn beide B
den Körper gesehn hatten. Für die zwei letzten
waren oben 7,8 Fuſs tief noch zwei Gläser angebracht
angewandten Körper waren meistens Kugeln, und
beim Fallen keine Drehung erleiden möchten, wurden
dem glatten Abdrehn mit Firniſs überzogen und dann i

1 Auszüge aus dem groſsen Werke in deutscher Sp
W. Pfaff findet man in Kastner's Archiv. Th. XI. S. 305.
suche sind genau beschrieben in zwei Quartbänden in sch
Sprache, und auſserdem findet man die Hauptsachen in La
Tentamen theoriae resistentiae fluidorum constituendae. Ke
beiden Werke konnte ich zu Gesicht bekommen.

Digitized by Google

ze gesenkt, wodurch ihr Schwerpunct nach unten gerichtet and man sie oben bezeichnen konnte. Daselbst wurde ein Oehr von einem kleinen Bleche mit Siegellack befe- ein Faden hindurch gezogen und dieser abgeschnitten; an aber fand, daſs die Zeitmessung ebenso genau war, man sie bloſs mit den Fingern faſste und loslieſs, so die Fäden weg. Die Kugeln waren von Zinn, hohl weniger als 0,01 F. Metalldicke, die hölzernen wur- mit Leinöl getränkt, dann mit Bernsteinfirniſs über- ihre Durchmesser und specifischen Gewichte genau be- Auſserdem gebrauchten sie einen Cylinder von Holz, Fuſs Höhe und 0,184 F. Durchmesser, auf dessen eine ein Kegel mit einem Winkel von 26° gesetzt war; auf em befand sich eine Scheibe, die man nicht gröſser als F. im Durchmesser erhalten konnte, oder ein Kegel, Winkel 52° betrug. Hiermit wurden die Versuche Nr. 12 gemacht. Um die Abweichung der Falllinie von des Gefäſses zu vermeiden, wurde durch die eine der ein Loch gebohrt, eine messingne Röhre eingesetzt und Axe des Gefäſses eine Claviersaite ausgespannt, an wel- Kugel herabfiel; allein dieses war wegen zu groſser unthunlich, wie der Versuch 6(a) zeigt. Die fol- belle giebt eine Uebersicht der erhaltenen mittleren Re-

spec. Gewicht	Durchmesser	Fallzeit in Secunden durch		
		7,8 Fuſs	15,8 Fuſs	26,4 Fuſs
1,0344	0,29594		4	7
1,3960	0,28708		5,357	9,055
1,1740	0,28432		9	14
1,1397	0,28432		10,25	15,75
1,0581	0,28948		15,25	24,75
1,0653	0,28948		16,58	26,85
1,0653	0,28948		14,57	24,14
1,07135	0,39844		12,66	21,66
1,1247	0,20326		12	19,33
1,0889	0,100337		17,2	29
1,4021	0,100337		9,125	15,5
1,34496	0,17967	2,25	5	8,6
1,1899	0,17455	2,6	6	9,25

Unter diesen Beobachtungen sollen Nr. 1 und Nr. 6(b) züglich genau seyn.

38) Zuerst ist die Frage zu beantworten, ob der zwischen 15,8 und 26,4 Fuſs mit ganz gleichmäſsiger schwindigkeit durchlaufen worden sey. Dieses läſst sich wenn man den ersten Versuch zum Grunde legt und die Proportion bildet: 15,8 F.:26,4 F.=4 Sec.:6,7 Sec. Beobachtung giebt 7 Sec., wonach also gewiſs kein schleunigung statt findet. Alle nach der Voraussetzung gleichmäſsigen Bewegung berechnete Versuche geben Gröſsen.

Nr.	Fallzeit berech-net	Fallzeit beob-achtet	Unter-schied
1	6,7	7	+0,3
2	8,96	9,05	+0,09
3	15,0	14	−1,00
4	17,1	15,75	−1,36
5	25,4	24,75	−0,65
6 (a)	27,7	26,8	−0,9
6 (b)	24,4	24,14	−0,26
7	21,2	21,7	+0,5
8	20,0	19,33	−0,67
9	28,7	29	+0,3
10	15,3	15,5	+0,2.

Hieraus geht allerdings eine geringe Beschleunigung allein sie ist so unbedeutend, daſs man die *Beweg Recht als gleichmäſsig* betrachten kann. Auſserdem die Beobachter zu dem Resultate, daſs ein Canal, Durchmesser 4mal so groſs ist, als der des in ihm Körpers, einen *bedeutenden Einfluſs auf den Wi* habe, welcher verschwindet, wenn jeder Durchmesser groſs wird.

39) Aus theoretischen Gründen nimmt Nordmark cher die Versuche geleitet und beaufsichtigt hatte, an, Widerstand durch zwei Ursachen erzeugt werde, der aus dem Gegendrucke der Flüssigkeit (seiner *vis inertiae* zweite aus der Adhäsion, Reibung und sonstigen Hind herrühre, die dann beide als Functionen der Geschwi

trachten seyen. Nennt man v die Geschwindigkeit in dischem Fuſsmaſs, s die Oberfläche oder die Basis des gten Körpers, m das Gewicht eines Kubikfuſses Wasser den schwedischen zu 61,467 schwedische ℔. angenom- und g den Fallraum in 1 Sec. (für Upsala durch Cel- n 16,534 schwedischen Fuſs bestimmt), so ist, wenn P diese beiden Theile des Widerstandes bezeichnen:

$$P+F=ms\,\frac{v^2}{4g}+msf\,\frac{v^3}{4g},$$

f durch Versuche zu bestimmen ist. Der Versuch Nr. 8 ser Formel berechnet gab den Widerstand

$$W=\tfrac{5}{12}\,ms\,\frac{v^2}{4g}+\tfrac{1}{12}\,0{,}9768\,\frac{v^3}{4g}.$$

nauere Uebereinstimmung gab aber der Versuch Nr. 12, die Reibung unabhängig von der Geschwindigkeit be- wurde, wonach der ohnehin durch anderweitige Erfah- bestätigte Satz als begründet erscheint, daſs *die Rei- n der Geschwindigkeit unabhängig sey.* Wird dieses men, so läſst sich der Widerstand nach der einfachen

$$W=ms\,\frac{v^2}{4g}$$

Fläche und

$$W=0{,}5\,ms\,\frac{v^2}{4g}$$

Kugel berechnen. Der Versuch Nr. 8 gab den Factor für die Kugel und der Versuch Nr. 12 für den Kegel 6, verschiedene andere = 0,46, wonach also 0,5 als hert gelten kann. Hierdurch wäre also der Satz, daſs rton's Gesetz der Widerstand dem Quadrate der Ge- keit proportional sey, bestätigt; allein man darf dabei gessen, daſs im vorliegenden Falle nur mit geringen digkeiten experimentirt wurde, wobei allerdings dieses nwendung findet, bei gröſseren giebt aber die Erfah- weichungen von demselben.

Die bis jetzt angegebenen Versuche können wohl nur ugabe zu den weit zahlreicheren betrachtet werden, e nämlichen Gelehrten unter der Leitung Nordmark's n Teiche unweit Fahlun über den Widerstand des

…ssers gegen horizontal bewegte Flächen anstellten[1].
…vegung wurde durch Gewichte erzeugt, welche von 2…
…he herabhingen, die Zeit aber mittelst einer Pendel…
…ssen, jenes ein hierbei meistens angewandtes Verfahren…
…s aber der von Walker gewählten unmittelbaren M…
…ttelst eines Dynamometers bedeutend nachsteht. Die…
…s Bassins betrug bei einer Breite von 54 Fuſs und ein…
…n 3 bis 5 Ellen im Ganzen 184 Fuſs, wovon aber…
… benutzt wurden, weil die bewegten Körper am En…
…ufes angehalten werden muſsten, um nicht gegen d…
…hinerie zu stoſsen. Von den 150 Fuſs blieben die e…
…uſs unbeachtet, weil die Körper beim Durchlauſen d…
…ne gleichmäſsige Geschwindigkeit annehmen muſsten,…
…origen wurden von 25 zu 25 Fuſs Schnüre oberhalb d…
…rfläche ausgespannt, und ein Beobachter bemerkte, …
…ewisser Punct der Körper bei ihnen anlangte. Von d…
…en sehr sinnreich construirten Vorrichtungen erwähne…
…aſs die angewandten Körper sich ganz unterhalb der…
…he des Wassers bewegten, um alle anderweitige…
…ufzuheben. Die gröſsten Schwierigkeiten verursachte…
…timmung der Reibung der Maschinentheile, doch…
…xperimentatoren alle Bedingungen so genau beachte…
Prüfungen so oft und unter so verschiedene Mod…
…ngestellt, daſs man in die Richtigkeit der erhaltenen…
…olles Vertrauen setzen kann. Die Zahl der von i…
…rauchten Boote betrug 32, es ist aber überflüssig, je…
…ie bezeichnende Nummer anzugeben, da sich diese a…
…ibergangene Beschreibung ihrer Dimensionen bezieht.

41) Nach der angegebenen Formel Nordmark's…
…das Newton'sche Gesetz gegründet ist, setzt man de…
…stand mit Rücksicht auf die Gestalt des Vordertheil…
Hintertheils

$$W = ms\frac{v^2}{4g}\,Sin.^2 u + msf\frac{v^2}{4g}\,Cos.^2 u.$$

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung…
nach berechneten und der durch Erfahrung gefundene…

---

1 S. Ebendaselbst. Th. X. S. 79.

Winkel des Vordertheils	Zeit zu 25 Fuſs	P	F	Widerstand Theorie	Versuch	Unterschied
12° 12′	10	1,25	5,86	7,11	8,99	— 1,88
	16,5	0,47	1,30	1,77	2,68	— 0,91
	10,25	1,22	5,44	6,66	6,62	+ 0,04
	8,5	1,78	9,54	11,32	11,41	— 0,09
	7	2,62	17,08	19,70	15,60	+ 4,10
	6	3,56	27,13	30,69	19,73	+ 10,96
13 18	17,5	0,41	0,88	1,29	2,89	— 1,60
	20,25	0,30	0,57	0,87	1,76	— 0,89
	11,25	0,97	3,31	4,28	5,79	— 1,51
	8,25	1,81	8,39	10,16	10,20	+ 0,04
	7	2,52	13,71	16,23	14,50	+ 1,73
	6,25	3,16	19,30	22,46	19,10	+ 3,31
3 18 50	17,75	0,39	0,84	1,23	1,95	— 0,72
	11,00	1,02	3,54	4,56	5,98	— 1,42
	8,5	1,71	7,66	9,37	10,36	— 0,99
	10	1,23	4,71	5,94	6,09	— 0,15
	17,5	0,40	0,88	1,28	2,71	— 1,43
	10,75	1,07	3,79	4,86	7,03	— 2,17
3 20 40	10,5	1,13	4,07	5,20	5,64	— 0,44
	8	1,94	9,21	11,15	9,83	+ 1,32
3 20 40	16,75	0,44	1,01	1,45	2,43	— 0,98
	11	1,03	3,54	4,57	6,70	— 2,15
3 21 20	12,5	0,28	2,40	3,22	2,48	+ 0,74
	7,5	2,27	11,11	13,38	6,12	+ 7,26
	6	3,54	21,71	25,25	9,31	+ 15,94
	5,25	4,63	32,37	37,00	13,45	+ 23,55
	4,75	5,65	43,75	49,40	17,18	+ 32,23
	12	0,90	2,96	3,59	2,53	+ 1,06
	8	2,02	9,08	11,10	6,53	+ 4,57
	6,75	2,84	15,21	17,96	11,25	+ 6,71
	5,5	4,28	27,95	32,23	15,54	+ 16,69
	5	5,18	37,21	42,39	19,89	+ 22,50
21 23	15,5	0,52	1,26	1,78	2,02	— 0,24
	9,75	1,31	5,08	6,59	5,94	+ 0,45
	7,75	2,07	10,11	12,18	10,46	+ 1,72
	6,75	2,72	15,30	18,02	14,34	+ 3,63
	5,75	3,75	24,78	28,53	18,56	+ 9,97
24 10	17,5	0,42	0,89	1,31	3,08	— 1,77
	16,5	0,47	1,06	1,53	3,05	— 1,52
	10	1,27	4,78	6,05	7,21	— 1,16
	8	1,98	9,33	11,31	11,51	— 0,20
	7,75	2,11	10,26	12,37	12,01	+ 0,36
	6,75	2,56	13,63	16,19	16,55	— 0,36
	15,5	0,53	1,28	1,81	2,81	— 1,00

Winkel des Vordertheils	Zeit zu 25 Fuſs	P	F	Widerstand Theorie	Versuch	Unterschied
13°24′10″	10,25	1,21	4,44	5,65	7,00	— 1,35
	8	1,98	9,33	11,31	11,56	— 0,25
13 25 40	18	0,39	0,81	1,20	1,51	— 0,31
	10,75	1,10	3,82	4,92	5,81	— 0,89
13 28 20	15	0,57	1,41	1,98	2,91	— 0,93
	9,75	1,34	5,13	6,47	7,11	— 0,64
	7,75	2,13	10,21	12,34	11,35	+ 0,99
	15,5	0,53	1,26	1,79	2,63	— 1,84
	10,25	1,20	4,37	5,57	6,73	— 1,21
13 28 40	15,5	0,54	1,30	1,84	2,18	— 0,97
	11,5	0,98	3,18	4,16	7,21	— 3,13
	8,75	1,70	7,21	8,91	11,87	— 2,96
	7,5	2,31	11,46	13,77	16,35	— 2,52
	6,5	3,08	17,60	20,68	20,98	— 0,30
	17	0,45	0,98	1,43	2,72	— 1,29
	10,25	1,24	4,49	5,73	6,81	— 1,08
	7,75	2,17	10,38	12,55	11,15	+ 1,40
	6,5	3,08	17,60	20,68	14,94	+ 5,74
	5,5	4,30	29,05	33,35	18,43	+ 14,92
13 28 50	16,75	0,46	1,01	1,47	1,63	— 0,16
	10	1,28	4,78	6,06	5,64	+ 0,42
	7,75	2,14	10,27	12,41	10,03	+ 2,36
	6,5	3,04	17,40	20,44	14,34	+ 6,10
	6	3,75	22,12	25,69	19,13	+ 6,56
13 29 10	17,75	0,40	0,84	1,24	2,39	— 1,15
	10,5	1,15	3,96	5,11	6,39	— 1,28
13 30 20	16,75	0,45	1,01	1,46	3,05	— 1,59
	9,75	1,35	5,11	6,46	6,39	— 0,17
	7,75	2,13	10,18	12,31	11,16	+ 1,15
	6,5	3,03	17,25	20,28	15,42	+ 4,86
	5,5	4,23	28,47	32,70	19,61	+ 13,09

42) Aus dieser Zusammenstellung ergeben sich v
dene Sätze. Zuerst stimmt die Theorie mit der E
vollkommen überein für Geschwindigkeiten von etwa
in 1 Secunde bei stumpfen Hintertheilen. Zweitens ab
die Theorie im Allgemeinen für geringere Geschwind
einen zu kleinen und für gröſsere einen zu groſsen
stand, wenn die Hintertheile der Boote stumpf sind.
aber giebt die Theorie den Widerstand zu klein, wenn d
tertheil der Boote spitz ist. Hierbei fragt sich indeſs,
Abweichung der Theorie von der Erfahrung aus dem

Digitized by Google

lem zweiten Gliede der Formel hervorgeht. Um dieses aitteln, konnten diejenigen Versuche benutzt werden, die agekehrten Booten, das flache Hintertheil voran, oder gens hierzu erbaueten, an der Vorderseite flachen, anwurden. In diesen Fällen wird u = 90°, mithin fällt eite Glied der Formel weg und sie verwandelt sich in fache Newton'sche, wonach

$$W = m\,s\,\frac{v^2}{4g}$$

ie folgende Tabelle zeigt die Zusammenstellung der hierechneten und der durch Erfahrung gefundenen Werthe.

Winkel des Hintertheils	Zeit zu 25 Sec.	Widerstand Theorie	Widerstand Versuch	Unterschied
12° 12'	11	23,76	19,17	+ 4,59
	24,75	4,69	3,10	1,59
	16	11,23	7,57	3,66
	12,5	18,40	12,38	6,02
	10,75	24,88	16,81	8,07
	9,5	31,86	21,33	10,53
13 30 20	25	3,77	3,21	0,56
	15,25	10,13	7,62	2,51
	11,75	17,06	12,37	4,69
	10	23,56	16,96	6,60
	8,75	30,77	21,80	8,97
20 8 40	21,3	5,14	3,03	2,11
	13,8	12,24	7,40	4,84
	11,3	18,26	12,27	5,99
	10	23,32	16,92	6,40
	8,75	30,45	21,76	8,69
52 5 10	24,7	3,87	3,27	0,60
	16,5	8,66	7,80	0,86
	13	13,95	12,64	1,31
	11,25	18,64	17,34	1,30
	9,75	24,81	22,08	2,73
90 — —	21	4,07	3,14	0,93
	14,2	8,91	7,62	1,29
	11,3	14,08	12,46	1,62
	10	17,98	17,08	0,90
	8,75	23,48	21,94	1,54

Digitized by Google

43) Es ergiebt sich aus dieser Vergleichung, daſs Theorie den Widerstand zu groſs giebt, und es war daher zunächst sich aufdringende Frage, ob überhaupt das Newt sche Gesetz zulässig und der Widerstand dem Quadrat Geschwindigkeit proportional zu setzen sey. Inzwischen ten hierüber angestellte Berechnungen, daſs man dieses dings annehmen könne, und daſs es daher am einfachsten einen durch die Erfahrung zu bestimmenden Coefficienten zuführen und

$$W = q\,m\,s\,\frac{v^2}{4g}$$

für den geraden Widerstand auzunehmen, um die Theorie der Erfahrung in Einklang zu bringen. Der Werth dieser stante fand sich sehr genähert = 0,67, allein dieses für den Fall gültig, wenn der Hintertheil so spitz ist, aller Widerstand dagegen verschwindet, und es folgt daſs die Theorie nothwendig auch hierauf Rücksicht müsse.

Endlich fanden die schwedischen Gelehrten den stand gegen den Cylinder

$$W' = 0{,}907\ m\,s\,\frac{v^2}{4g}$$

und für den Kubus

$$W'' = 0{,}83\ m\,s\,\frac{v^2}{4g}.$$

Diese Bestimmung kommt sehr genau mit der durch zösischen Gelehrten erhaltenen überein, weicht aber von der durch Beaufoy gefundenen, nämlich q = 1,0

44) Die Bemühungen einiger anderen Gelehrten Lösung dieses Problems verdienen gleichfalls hier erwähnt zu werden. Dahin gehören vorzugsweise die mend zahlreichen Versuche, welche Benzenberg im 1802 auf dem Michaelisthurme zu Hamburg anstellte[1], in

1 Vorläufige Nachrichten über diese Versuche sind enth Intelligenzblatt der allgem. Litteraturzeitung 1803. S. 957. Voi gaz. Th. IV. S. 692. G. XII. 369. XIV. 225, wo man als Er tat angegeben findet, daſs das Newton'sche Gesetz schon bei Fallgeschwindigkeit bedeutend von der Erfahrung abweicht

Digitized by Google

er in einem Schachte der Schleebuscher Gewerkschaft in ſchaft Mark wiederholte[1], und deren Resultate er in ;enen ausführlichen Schrift[2] bekannt machte. Bei den untersuchte er absichtlich den Widerstand der Luft, · Bleikugeln im Mittel von 1,46 Par. Zoll Durchmesser chiedenen Höhen herabfallen lieſs und das Zeitinter- ichen dem Anfange des Fallens und dem Ankommen lles mittelst einer Tertienuhr maſs, wobei dann nach es constanten Fehlers des Sinnes der Unterschied zwi- r berechneten und der gemessenen Fallhöhe den Wi- der Luft geben muſste. Der constante Fehler des Sin- e zu 3,7 Tertien, die Geschwindigkeit des Schalles Par. Fuſs angenommen, die ungleichen Fallhöhen ,8, 67,7, 144, 234,4, 240 und 321 Par. Fuſs, die selbst wurden mehrere Tage nach einander wieder- stand auch eine Fallhöhe von 340 F. zu Gebote, al- ersuche waren hierbei so unsicher, daſs nur etwa der eil für gelungen gelten konnte. Den Schall der auf- en Kugeln hörte man wegen des Rauschens des Win- des- städtischen Lärmens in dieser Höhe nicht, der der Ankunft muſste daher aus dem Aufspringen der nommen werden. Benzenberg folgert aus diesen , daſs bis zu einer Fallhöhe von 144 Fuſs oder bis windigkeit von 91 Fuſs in 1 Sec. das Newton'sche s den Quadraten der Geschwindigkeit proportionalen des recht gut zu der Erfahrung passe, statt daſs bei Fallhöhe oder 127 Fuſs Fallgeschwindigkeit in 1 Sec. gröſserer statt finde. Die folgende Tabelle macht die- enden Unterschied anschaulich.

---

uſs Fallhöhe für 1,5 zollige Bleikugeln um die Hälfte zu ge- e giebt.
XVII. 476.
uche über das Gesetz des Falls, über den Widerstand der ber die Umdrehung der Erde. Dortm. 1804. 8.

Fallhöhe	Fallzeit				Unter-schied
	Vers.		Rechn.		
24,8 Fuſs	1″	17‴,08	1″	17‴,01	0‴,07
67,7 —	2	8,77	2	7,55	1,22
144,0 —	3	6,95	3	6,86	0,09
234,4 —	4	1,05	3	59,67	1,38
240,0 —	4	3,70	4	2,59	1,11
321,0 —	4	48,30	4	41,89	6,41
340,0 —	5	0,00	4	50,50	9,50

Von unbedeutendem Einflusse ist, was indeſs hier b werden möge, daſs nicht alle Kugeln völlig gleich wa dem ihr Durchmesser im Mittel 1,56 engl. Zoll betrug kleinsten aber 1,48 und der der gröſsten 1,7 Z. Ueber d derstand der Luft gegen fallendes Wasser, welcher gl durch Versuche geprüft wurde, wollen wir uns hier i Erörterungen einlassen.

45) Brandes[1] unterwarf die sämmtlichen Versuch genauen Berechnung, allein es scheint mir nicht zweck diese hier mitzutheilen; denn obgleich sie ebenso genau gant ist, so müſsten doch die constanten Gröſsen, na die Geschwindigkeit des Falles und die der Fortpflanzu Schalles in 1 Sec., nach den neuesten Untersuchungen näher bestimmt werden, wenn man auf diesem Wege zu genauen Resultaten gelangen wollte. Dieses ist sogar ohne Einfluſs auf die Bestimmung des constanten *Sinnes* welcher auf folgende Weise gefunden wurde. Für 10 F giebt die Berechnung des Falles im leeren Raume 48‴,8 der Luft 48‴,86, und da die Beobachtung 52‴,53 betrug jener Fehler = 3‴,67 oder in runder Zahl 3‴,7. Al meines Resultat geht aus diesen Versuchen, so wie aus von Robins, Hutton und Andern hervor, daſs das Ne sche Gesetz vom den Quadraten der Geschwindigkeite portionalen Widerstande zwar für geringe, nicht a groſse und hauptsächlich sehr groſse Geschwindigkeiten

46) Endlich dürfen die Versuche nicht übergangen den, welche der ebenso gelehrte als sorgfältig experiment

1 A. a. O. S. 194 ff.

rz[1] angestellt hat, um den Widerstand der Luft aufzu- Die Maschine, deren er sich hierzu bediente, bestand Fig. 200. esentlichen ans einem mit Papier überzogenen Rahmen, papiernen Schirme mnop, welcher mittelst der am fg befindlichen Schraube und kleiner hölzerner Stifte, i m und n horizontal, dazwischen aber vertical einge- waren, unbeweglich auf dem Cylinder AB fest safs, sich der Rand mn des Rahmens genau in der Axe des rs befand. Die beiden stählernen Spitzen a und b lie- den Vertiefungen zweier Messingstücke, welche in die hervorstehenden Arme eines Gestelles eingesenkt waren, beweglich fest angeschraubt durch eine Schraube nur von einander entfernt werden konnten, um die Spitzen b in die Vertiefungen zu bringen und sie durch An- ler Schraube bei leichtester Beweglichkeit gegen das allen zu sichern. Zur Herstellung des Gleichgewichts dem hölzernen Stabe fg ein Loch gebohrt, und dieses ier Bleimasse ausgefüllt, die gerade hinreichte, den in jeder Lage stillstehend zu erhalten. Um das längere es Cylinders war eine Schnur geschlungen, an welcher hale mit Gewichten hing, die durch ihr Herabfallen die ung der Walze mit ihrem Schirme bewirkte. Zur Com- ig des beim Fallen des Gewichtes sich vom Cylinder inden Fadens diente die bekannte Methode, am unteren der Schale einen gleichen Faden von der Länge der e zu befestigen, welcher sich um ebenso viel auf dem anhäufte, als vom Cylinder abgewickelt wurde; die h in Folge verringerten Druckes auf die Walze ver- e Reibung konnte als zu gering unbeachtet bleiben, da wicht des aufgehäuften Fadens in den ersten Versuchen Quentchen betrug. Da ferner dieses Stück Blei dem pier überzogenen Rahmen das Gleichgewicht hielt, so s der Axe der Walze näher gerückt werden müssen, das Papier fehlte; statt dessen diente aber ein Stück Blei, s am Rahmen befestigt wurde, um das Gleichgewicht herzustellen. Wegen der Ausdehnung des Fadens durch die Gewichte und der hierdurch veränderten Menge der le des Cylinders um seine Axe ward die Länge des

[1] G. XXIII. 129.

Google

Fadens vor jedem Versuche der Fallhöhe von nahe 30
stets gleichgemacht. War der Rahmen mit Papier überz
so trat Gleichförmigkeit der Bewegung schon nach we
Umläufen ein, beim nicht überzogenen erst bei der 15ten,
es wurden daher von den der Fallhöhe zugehörigen 41
drehungen die ersten 21 nicht mit gerechnet, ein mit dem
fange der 22sten losgelassenes halbes Secundenpendel ga
die Zeit der letzten 20 Umdrehungen bis zu dem Augenb
an, wo das Gewicht auf das unten liegende Bret auf
ohne hierbei jedoch die Zeit zu beachten, welche das
zum Durchlaufen der 30 Fuſs Fallhöhe bedurfte.

War der Rahmen mit der Papierfläche versehn u
wirkte ein Gewicht P die letzten 20 Umläufe in der Zei
wurde hierdurch der Widerstand gegen das Papier, den
men und die hölzerne Handhabe, und auſserdem die R
überwunden. Um den Widerstand gegen die Papierfläc
lein zu erhalten, diente ein genau abgemessenes Gegeng
Q, welches durch die Walze gehoben wurde, wahre
Apparat nach Wegnahme des Papiers in der nämlichen
die letzten 20 Umdrehungen vollendete. Bei einer
Reihe von Versuchen diente ein sehr feines Hebelwer
die Kugel des Pendels festzuhalten und genau beim A
der letzten 20 Umdrehungeu loszulassen, um dadurc
schärfere Zeitbestimmung zu erhalten.

Mit Uebergehung der ausführlichen Rechnungen,
Corrigirung der unmittelbar gefundenen Gröſsen dient
aus diesen den eigentlichen Widerstand = R zu finde
ben wir hier nur die aus beiden Versuchsreihen e
Endresultate, unter denen die Bestimmung der Höhe
gen Flüssigkeitssäule, welche durch ihren gleich
Fall einen dem Widerstande gleichen Stoſs gegen di
bene Fläche erzeugen würde, am wichtigsten ist. D
genden Tabellen geben eine Uebersicht der zusammengest
Gröſsen.

Digitized by Google

Erste Versuchsreihe.

Geschwind. in Fuſs	Werthe in Lothen von Q′	von R	Höhen-coefficient
2,8377	4,6074	0,8885	3,7514
3,0820	5,4664	1,0541	3,7732
3,3055	6,4656	1,2468	3,8798
3,5140	7,3047	1,4087	3,8787
3,7413	8,1667	1,5749	3,8255
4,6135	12,6099	2,4317	3,8844
5,3145	16,8940	3,2579	3,9219
5,9683	21,2959	4,1068	3,9200
6,5109	25,1393	4,8461	3,8859
6,9954	28,8152	5,5569	3,8610
7,4827	32,9454	6,3534	3,8582
7,8744	37,0395	7,1429	3,9168

Mittlerer Höhencoefficient = 3,8637.

Zweite Versuchsreihe.

Geschwind. in Fuſs	Werthe in Lothen von Q′	von R	Höhen-coefficient
8,7616	43,5606	8,4411	3,7387
9,2158	47,6590	9,2352	3,6972
9,5554	52,1211	10,0999	3,7611
10,0268	56,3113	10,9119	3,6903
10,3725	60,4845	11,7205	3,7040
10,7430	64,4007	12,4792	3,6765
10,9463	69,0192	13,3744	4,7952

Mittlerer Höhencoefficient = 3,7232.

mittleres Resultat geht aus allen diesen, unter sich bweichenden Gröſsen hervor, daſs der Widerstand der gen eine dünne Platte mit parallelen Flächen dem Geener Luftsäule von der nämlichen Basis und der 3,7931-der Geschwindigkeit, womit die Platte bewegt wird, igen Höhe gleich ist, oder R = 3,7931 h.a.q, wenn Höhe, a den Flächeninhalt und q das Gewicht eines uſses Luft bezeichnet. Prechtl verkennt nicht, daſs diese aung bedeutend von der früheren Annahme abweicht, der Factor von h = 2 oder nach Einigen sogar nur = 1 oll, und er sucht daher die Ursachen auf, woraus dieser

Unterschied entstehn mag. Dabei versteht sich in voraus selbst, daſs der Coefficient von h nicht kleiner als 2 könne, weil nur durch die doppelte Höhe diejenige F schwindigkeit erhalten wird, welche der gegebenen Bew zugehört, wie auch NEWTON annahm. Daſs der hier g dene Factor aber fast doppelt so groſs, als 2 ist, wir ihm aus folgenden Gründen abgeleitet. Jener Factor i dem Stoſse der Flüssigkeiten gegen ruhende Flächen, n lich aus dem des Wassers entnommen; allein hierbei blofs die Kräfte des bewegten Wasserstrahls [1], beim W stande aber muſs nicht nur die bewegte Fläche die i Bahn liegenden Theile der Flüssigkeit mit der gegeben schwindigkeit vor sich her treiben, sondern auch die Co (oder Adhäsion) der hinter der Fläche befindlichen Flüssig theilchen unter sich und mit der Scheibe aufheben. Gröſse schätzt PRECHTL der Hälfte des Widerstandes ge vordere Fläche proportional, wonach also der Coefficie $h = 3$ werden würde. Hierzu kommt aber, daſs die z gedrängte Luft nicht sofort entweichen kann, daher auf und verdichtet wird. Betrüge die Verdichtung das D der vorhandenen Dichtigkeit, so würde h verdoppelt und R daher 4h proportional seyn. Wegen der versch hierbei mitwirkenden Bedingungen läſst sich auch d Flüssigkeit nicht völlig mit einer andern vergleichen u der für die eine gefundenen Gröſse nicht auf die einer schlieſsen. PRECHTL folgert hieraus ferner, daſs das N sche Gesetz, wonach der Widerstand dem Quadrate d schwindigkeit proportional seyn soll, nicht statt finden weil dasselbe nicht mit der Luftverdickung vor der h Fläche, noch mit der hieraus entstehenden gröſseren E im Verhältniſs stehen könne. Nur mit Berücksichtigu dieser Elemente wird es möglich seyn, ein genügendes des Widerstandes für verschiedene Flüssigkeiten und u Geschwindigkeiten aufzufinden und durch eine angemesse mel auszudrücken.

47) Bei zwei früheren Untersuchungen gehörte die Besti

---

1 Im Art. *Wind* §. 115 wird gezeigt werden, daſs auch pelte Höhe nicht genügt, um die durch Erfahrung gefundene St Windstoſses zu erklären.

lerstandes der Mittel so unmittelbar und wesentlich zur
daſs zwar der gewählten Anordnung gemäſs die Auf-
t nicht mit der diesem Werke anpassenden Vollstän-
bgehandelt werden konnte, was dem vorstehenden Ar-
ehalten bleiben muſste, dennoch aber in ihrer Wesen-
cksichtigung verdiente. In Betreff der ersten Unter-
nämlich über den Einfluſs des Luftwiderstandes auf
der Geschützkugeln, ist das Nöthigste bereits erör-
n[1], und ich verweise nur in Beziehung auf die Kugel-
Allgemeinen auf eine seitdem erschienene gehaltreiche
ig von Andreossy[2], auſserdem aber verdient in näch-
ung auf den Widerstand gegen Geschützkugeln eine
blem behandelnde gelehrte Abhandlung von J. C. E.
nicht bloſs Berücksichtigung, sondern auch Mitthei-
gefundenen wesentlichsten Resultates. Schmidt sucht
e der mangelnden Uebereinstimmung zwischen der
s den Quadraten der Geschwindigkeiten proportio-
lerstandes und der Erfahrung hauptsächlich in der
g, welche die Luft vor den bewegten Körpern erlei-
ersucht es daher, diese mit in den Calcül aufzu-
Sofern sich diese Verdichtung aber nur in geringe
n von den Körpern erstrecken soll, muſs es erlaubt
auf ähnliche Weise als die Wirkungen der Mole-
zu behandeln. Den oben sogenannten *Minuswider-*
den Druck auf die hintere Seite des bewegten Kör-
er im Mittel dem atmosphärischen Luftdrucke gleich,
satze, daſs dieses auch mit den Resultaten der Er-
reinstimme, obgleich er es im Allgemeinen für un-
t, die mannigfaltigen Bewegungen und Stöſse der
r Rückseite der Körper analytisch zu entwickeln.
aber gegen jene Annahme der allerdings gegründete
achen, daſs nothwendig hinter dem Körper auf
ise eine Verdünnung der Luft statt finden müsse,
selben Verdichtung. Nach seinen analytischen Un-

—

Ballistik. Bd. I. S. 728 u. 742.

ür des projectiles creux. In Mém. de l'Acad. de l'Inst.

e des Widerstandes der Luft bei der Bewegung der Kör-
l. Vergl. Fechner's Repertorium Bd. I. S. 85.

Digitized by Google

tersuchungen findet Schmidt den Widerstand der Luft W gen eine Kugel

$$W = \pi p r^2 w \left\{ \frac{e^q - (q+1)}{q} \right\} \dots . \quad (1)$$

wenn π die bekannte Ludolph'sche Zahl, e = 2,7182 p die Höhe einer dem Drucke der Luft das Gleichgewicht tenden Quecksilbersäule in Metern, w das Gewicht eine bikmeters Quecksilber, v die Geschwindigkeit der Ku Metern während einer Zeitsecunde bezeichnen, und q = angenommen wird. Hierin ist $k = \frac{g \omega \eta}{\Pi}$ (1 + 0,003 wenn g den doppelten einer Zeitsecunde zugehörigen F in Metern, Π das Gewicht der Einheit des Volumens L 0° Temperatur und unter dem Drucke einer Quecksil von der Höhe η, ω das Gewicht der Einheit des V Quecksilber und t die Grade des hunderttheiligen The ters bezeichnen. Da die hierin vorkommenden Größ kannt sind, und außerdem Π sich zugleich mit η än wird hiernach k = 78319 (1 + 0,00375 t) nach Ga sac's bekannter Bestimmung genommen. Der Widerst gegen einen Cylinder, dessen geometrische Axe in d seiner Bewegung liegt, wird durch folgende Formel ge

$$W' = \pi p r^2 w \, (e^q - 1) \dots . \quad (2)$$

Wenn man diese Formeln in Reihen entwickelt, so e

$$W = \pi p r^2 w \left(\frac{q}{2} + \frac{q^2}{1.2.3} + \frac{q^3}{1.2.3.4} + \dots \right.$$

und

$$W' = \pi p r^2 w \left(\frac{q}{1} + \frac{q^2}{1.2.3} + \frac{q^3}{1.2.3.4} + \dots \right.$$

woraus sich ergiebt, daſs für kleinere Geschwindigke denen die höheren Potenzen von q vernachlässigt wer nen, der Widerstand gegen die Kugel halb so groſs gegen einen Cylinder von gleichem Halbmesser. Diese sehr nahe mit der Erfahrung überein. Einige andere dungen, z. B. über die Verhältnisse der zurückgelegt und der ihnen zugehörigen Geschwindigkeiten, welche von seiner Formel macht, und wodurch er zu Resul

Digitized by Google

die mit den von Hutton mittelst seines ballistischen
.. gefundenen sehr nahe übereinstimmen, glaube ich hier
.. zu können.

8) Das zweite Problem, wobei der Widerstand der Luft
..dig erörtert werden muſste, betraf die *Reduction des*
.. *auf den leeren Raum*[1], um die absolute Länge des
.. Secundenpendels mit völliger Genauigkeit zu finden.
.. mir nur zwei Untersuchungen bekannt geworden, wel-
.. hierauf beziehn, nämlich die Versuche von Baily[2]
.. theoretische Lösung des Problems durch Challis[3];
..ere hat sich nicht begnügt, den Widerstand der Luft
.. Pendel allein zu untersuchen, sondern er unterwirft
..rfe der Bestimmung des einfachen Secundenpendels
..pt, namentlich auch in Beziehung auf den Einfluſs der
..hneide und der Gröſse der Schwingungsbogen, einer
Revision, wodurch er dann zu dem Resultate gelangt,
bisherigen Messungen immerhin noch keine genügende
..it gewähren. In Beziehung auf Bessel's Untersuchun-
2 Zoll im Durchmesser haltenden Kugeln von Messing
..nbein, also von ungleichem specifischem Gewichte und
.. Drähten hängend, wählte Baily diese gleichfalls,
zuerst in der Luft schwingen, dann in einem Vacuum,
..dem absoluten sehr nahe kam, und folgerte aus den
.. Gröſsen, daſs die früher angenommene Correction mit
..ständigen Factor = n multiplicirt werden müsse. Für
.. dünnen Metalldrähten aufgehangen fand er n = 1,95.
..nicht zufrieden dehnte er seine Versuche auch auf Pen-
anderer Gestalt und aus sonstigen Körpern bestehend
.. eine Platinkugel von 1,44 Z. Durchmesser, nach de
Methode an einem feinen Metallfaden aufgehangen,
n = 1,88, und als er diese Kugel mit andern von
Durchmesser, aber aus Blei, Messing und Elfenbein,
..te, erhielt er nahe gleiche Resultate, im Mittel n = 1,86.
Anwendung von Kugeln, wie die von Bessel ge-
.., aber aus Blei, Messing und Elfenbein, fand er

1 Art. *Pendel*. Bd. VII. S. 345.
2 ..los. Trans. 1832. p. 399. Lond. and Edinb. Philos. Mag.
379.
3 ..ndon and Edinb. Philos. Magaz. N. I. p. 40 und N. XV.

n = 1,75, woraus hervorgeht, daſs nicht bloſs das sp
Gewicht der Körper, sondern auch die Gröſse derselb
Einfluſs ist. Aus den weiteren Versuchen mit verschie
stalteten Körpern, sowohl hohlen als auch dichten, mit
cylindrischen Stäben, massiven Stücken, hohlen Röh
dem Reversionspendel u. s. w., indem die Zahl der
sich bis auf 40 erstreckte, ging hervor, daſs der Facto
nach der Gestalt der Körper verschieden ist, weswe
weitere Versuche erforderlich seyn würden, denselben
bestimmen. Dieses scheint um so mehr nothwendig,
die Stangen, woran Kugeln, Cylinder und sonstig
Körper aufgehangen sind, je nach ihren verschiedene
messern einen Einfluſs auf den Werth des Factors
Hiernach müſsten, wie er meint, alle bisherige Vers
die *Länge des einfachen Secundenpendels* und die h
folgerte *Gestalt der Erde* einer neuen Revision u
werden, wobei aber erforderlich seyn würde, den V
n in jedem einzelnen Falle durch unmittelbare Versuc
mitteln. Bei der Wichtigkeit der Aufgabe verdient
Abhandlung von denen genau berücksichtigt zu werd
unternehmen, sich weiter mit diesem schwierigen
zu beschaftigen.

49) Challis versuchte eine Lösung des Pr
theoretischem Wege in nächster Beziehung auf die
eines aus einer kleinen Kugel an einem dünnen
stehenden Pendels auf den leeren Raum. Ohne im
näher anzugeben, auf welche Weise er zu seiner Hau
gelangte, da man ohnehin bald gewahrt, daſs er
Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit
setzt, stehe hier nur die einfache Formel, wonach

$$Mv^2 + mv^2 = 2g(M-\mu)(h-x)$$

ist, wenn M die Masse der Kugel, v die Geschwind
Centrums, μ die Masse eines gleichen Volumens L
Factor der Fallgeschwindigkeit, h — x den vertical
Centrums der Kugel und m eine gewisse Constante
Diese Formel würde ohne das Glied mv^2 genügen,
die Masse der verdrängten Luft selbst in Beweg
würde, was durch dieses Glied ausgedrückt wird.
suchung ergab, daſs für die geringe Geschwindigkeit
der Pendel die Zusammendrückung der Luft vernachl

Digitized by Google

kann. Ebendieses ergab sich für den Widerstand des Fa- und dabei wurde die Kugel als völlig glatt vorausgesetzt, s durch ihre Unebenheiten keine Bewegung in den sie nden Lufttheilchen erregt wird. Hiernach muſs sich die welche die Kugel berührt, in lothrechten Richtungen auf berfläche, also in solchen bewegen, die auf ihr Centrum , und da die Dichtigkeit sich nicht ändert, wird die Ge- digkeit in den verschiedenen Puncten sich im umge- Verhältniſs des Quadrates der Entfernung ändern. Dieses gesetzt ist erforderlich, die Gröſse m v^2 zu berechnen. nke sich zwei gerade Linien, die in irgend einem Zeit- te durch den Mittelpunct der Kugel gezogen sind, eine Richtung ihrer Bahn, die andere in einer solchen, welche einen Winkel $= \Theta$ bildet; die Ebene dieser Linien inen Winkel $= \varphi$ mit derjenigen Ebene, welche recht- g auf den tragenden Faden der Kugel durch ihr Cen- elegt ist. Die Geschwindigkeit der Luft in demjenigen , wo die den Winkel Θ bildende Linie die Oberfläche gel trifft, ist $= v$ Cos. Θ, und in irgend einem andern P dieser Linie, welcher um die Gröſse a vom Centrum gel entfernt ist, wird (nach der angenommenen Voraus-) diese Geschwindigkeit $= \frac{v r^2}{a^2}$, wenn r den Radius gel bezeichnet. Die Masse eines Elementes der Flüssig- diesem Puncte, die Dichtigkeit derselben = 1 ange- , ist

$$\partial a \times a \, \partial \Theta \times a \, \text{Sin.} \, \Theta \, \partial \varphi,$$

vis viva dieser Flüssigkeit in ihrer Bewegung oder

$$\int\!\!\int\!\!\int \left(\frac{v r^2}{a^2} \text{Cos.} \, \Theta\right)^2 a^2 \text{Sin.} \, \Theta . \partial a . \partial \Theta . \partial \varphi .$$

Integral für φ muſs von 0 bis 2π, für Θ von 0 bis π a von r bis zum Unendlichen genommen werden. h wird

$$m v^2 = r^4 v^2 \int\!\!\int\!\!\int \frac{\partial a}{a^2} \text{Cos.}^2 \, \Theta . \text{Sin.} \, \Theta . \partial \Theta . \partial \varphi$$

$$= 2 \pi r^4 v^2 \int\!\!\int \frac{\partial a}{a^2} \text{Cos.}^2 \, \Theta . \text{Sin.} \, \Theta . \partial \Theta$$

$$= \frac{4 \pi r^4 v^2}{3} \int \frac{\partial a}{a^2} = \frac{4 \pi r^3 v^2}{3}.$$

Digitized by Google

Es folgt alſo, daſs $m = \frac{4\pi r^3}{3} = \mu$ und daſs

$$M v^2 + \mu v^2 = 2g (M - \mu)(h - x)$$

sey. Hiernach wird

$$-\frac{v \partial v}{dx} \text{ oder } f = g \frac{M-\mu}{M+\mu} \text{ nahe } = g\left(1 - \frac{2\mu}{M}\right),$$

und wenn alſo l' die Länge des Secundenpendels in de l deſsen Länge im leeren Raume bezeichnet, ſo iſt

$$\frac{l'}{l} = \frac{f}{g} = \left(1 - \frac{2\mu}{M}\right), \text{ mithin } l' = l\left(1 - \frac{2\mu}{M}\right).$$

Der Coefficient alſo, womit die ältere Correction z duction auf den leeren Raum multiplicirt werden muſs, hiernach 2; Bessel fand ſtatt deſſen 1,956, Baily seinen erwähnten Verſuchen 1,864 für Kugeln von Durchmeſſer und 1,748 für Kugeln von 2 Zoll Durch Challis meint, ein ſolcher Unterſchied gehe nicht au eigenen Unterſuchungen und auch nicht aus denen von P hervor, welcher auf die Reibung der Luft an der O der Kugel Rückſicht genommen habe, auf welche letz dingung die Aufmerkſamkeit künftiger Forſcher zu rich Verſuche geben nach ihm das einzige Mittel zur Au der erforderlichen Correction für die Reduction des Pend die Theorie könne in Verbindung mit dieſen nur daz die Urſachen aufzufinden, auf welchen dieſe Correction

50) Fragen wir nach dem endlichen Reſultate, durch alle dieſe vielen Unterſuchungen erlangt worden unterliegt es wohl keinem Zweifel, daſs im Ganzen d ton'ſche Geſetz richtig und der Widerſtand der flüſsig dem Quadrate der Geſchwindigkeit proportional iſt. V

---

1 Vgl. Art. *Pendel* a. a. O.

2 Eine kurze Abhandlung von Clausen über den Widerst Pendellinſen, in Schumacher's aſtron. Nachr. 1826. N. 100 S. hier nur angezeigt werden, weil ſie bloſse Formeln enthält, Auszugs fähig ſind. Die Idee, das Geſetz des Widerſtandes mittelſt aufſteigender Aëroſtaten aufzufinden, welche Mecsaus de St. Fond Deſcript. des expéditions de la machine aéroſt. p. 49, deutſch Leipz. 1784. S. 41) und Kramp (Geſchichte der Straſsb. 1784. Abſch. 11 bis 16) hegten, iſt an ſich unhaltbar, das ſpec. Gewicht der Luftballons fortdauernd ändert, anderer keiten nicht zu gedenken.

Digitized by Google

itig die nicht elastischen Flüssigkeiten vor dem beweg-
per aufgestauet, die elastischen zusammengedrückt wer-
raus aber ein neuer Gegendruck erwächst, welcher
ls eine Function der Geschwindigkeit ist, sofern eine
oder kürzere Zeit zur Herstellung des Gleichgewichts
te steht, so muſs hierdurch das genannte Gesetz eine
ng erleiden, und hierin dürfte der Grund liegen, wes-
s Gesetz für geringe Geschwindigkeiten ausreicht, für
aber durch die Erfahrung nicht bestätigt wird. Sehr
oretisch begründet ist ferner das Gesetz, wonach der
d dem Gewichte einer Flüssigkeitssäule von der ge-
Basis und einer zur Erlangung der gegebenen Ge-
keit erforderlichen Höhe proportional gesetzt wird.
hierbei auf die Vertiefung des Wassers und die Ver-
der Luft hinter dem bewegten Körper Rücksicht ge-
allein mir scheint hierbei Folgendes in Betrachtung
n. Handelt es sich zuerst vom Wasser, so müſste
Verhalten der Pitot'schen Röhre) die Höhe des vor
r aufstauenden und die Tiefe des hinter demselben
nden Wassers zusammengenommen der Widerstand
Säule gleich seyn, stände diesem nicht die Trägheit
len und durch den Körper in Bewegung zu setzenden
tgegen. Bei den Bewegungen in der Luft muſs diese
Körper ebenso stark verdichtet, als hinter demselben
erden, wenn der berechnete Widerstand statt finden
ach müſste also die Theorie mit der Erfahrung voll-
bereinstimmen, mit der alleinigen Ausnahme, daſs bei
lächen das Abflieſsen, mindestens des Wassers, zur
gehindert und daher hierfür ein eigener von 1 bis
mit der Gröſse des Körpers wachsender Coefficient
sein würde. Von groſser Wichtigkeit ist indeſs der
daſs die von vorn zur Seite abflieſsende Flüssigkeit
rch den Körper verlassenen Raum eindringt und
rer Bewegung in Folge der Trägheit die Bewegung
befördert, mithin den Widerstand vermindert. Auch
e als Function der Geschwindigkeit und der Fluidi-
handenen Flüssigkeit würde sich theoretisch be-
ssen, allein wenn auch hiernach Theorie und Er-
vollkommenen Einklang zu bringen wären, so treten
auſserdem Schwierigkeiten ein, welche nicht ge-

Digitized by Google

statten, das Problem mit absoluter Schärf
gehört nicht bloſs, daſs die Fluidität des V
sich nicht mit der Temperatur ändert, son
der Oberfläche der Körper adhäriren, und
erforderlich ist, diese Adhäsion zu überv
der Umstand hinzukommt, daſs das Hinfli
über der Oberfläche des Körpers nach Bes
fläche leichter oder schwerer erfolgt, die
nicht gerechnet, welche dadurch in der I
Ebendieser Umstand erschwert auch die B
flusses, welcher aus der Neigung der F
Körpers gegen die Bahn seiner Bewegung
müssen daher, wie CHALLIS richtig bemer
die erforderliche Basis abgeben, damit die
erschöpfenden analytischen Ausdruck baue

Wind.

Ventus; Vent; *Wind*.

Hierdurch bezeichnet man im Allgemei
der Luft von dem geringsten Luftzuge bis z
Alles verheerenden Strömungen. Die un
dieser Luftbewegungen gab indeſs Veranlass
speciellen Bezeichnungen, die wegen ihres
seyns nur eine kurze Andeutung verdienen.
man sie nach den verschiedenen Richtunge
West- u. s. w. Winde giebt, dann nach
sie beständige, periodische und veränderlic
der Stärke, welche die Unterscheidung
Stürme, Orcane, Typhons u. s. w. beding
wissen Eigenthümlichkeiten, wonach sie z.
Winde genannt werden. Es wird mir
Nöthige und Interessanteste über diese m
nomene zusammenzustellen, da durch di

1 Für die Praxis dürften die von TREDGC
am besten zu benutzen seyn, weil die durch sie
den meisten und genauesten Versuchen am beste

Digitized by Google

eine ebenso vollständige als auch gründliche Bearbei-
eser Aufgabe vorliegt. Um die Uebersicht der nach-
n Untersuchungen zu erleichtern, werde ich sie in
Abtheilungen zerfällen.

A. Ursachen der Winde.

ine Theorie der Winde dürfen wir bei den Schrift-
des Alterthums nicht suchen, deren Dichter dieselben
en der Riesen oder der Götter machten und ihnen,
ER, VIRGIL und andere, ihre speciellen Sitze an be-
Orten, namentlich auf den äolischen und liparischen
wiesen[1]. Diejenigen Schriftsteller, welche die Natur-
ngen und deren Erklärung in den Bereich ihrer Unter-
n zogen, haben über die Ursachen derselben verschie-
pothesen aufgestellt, die aber im Ganzen nur dazu
ren Mangel an genügenden Beobachtungen und darauf
er Kenntniſs der Naturgesetze zu beurkunden[2]. Wenn
auch mitunter das Richtige treffen, so deutet dieses
einen glücklichen Zufall und ein Erzeugniſs des ihnen
nicht abzusprechenden Scharfsinnes, als auf das Re-
er schulgerechten Forschung. ARISTOTELES[3] leitet
e im Allgemeinen von einem entstehenden trocknen
ιανός) und seinem Verhältnisse zum nassen ab, und
t sich mit der Frage, ob sie in den oberen oder den
egionen der Atmosphäre ihren Ursprung haben. Vor
gen stellt er den Satz auf, daſs die Richtung der
m Stande der Sonne abhänge, wonach also Südwinde
wenn dieser Himmelskörper zur Zeit der Frühlings-
hen sich der nördlichen, und Nordwinde, wenn er
n Herbstnachtgleichen der südlichen Hemisphäre zu-
Beim Aufgange der Sonne sollen die herrschenden
e nach NO., bei ihrem Untergange aber nach NW.
. Nur wenig abweichend hiervon meint THEOPHRAST[4],

---

gl. v. LINDENAU in v. Zach Monatl. Correspondenz. Th. XIII.
ove in Poggendorff's Ann. Th. XLII. S. 316.
DELER Meteorologia veterum Graecorum et Romanorum. Berol.
. ff. 103 ff.
eorologia Lib. III.
ventis a. v. O.

die Winde entständen durch die Sonne, sofern diese, Mitwirkung des Mondes, durch ihre Wärme die Bewe der Luft hervorrufe, wogegen Aristoteles ausdrückli Abrede stellt, daſs eine bloſse Luftbewegung zu ihrer Erkl genüge, und daher den vorausgesetzten trocknen Damp Hülfe ruft. Die Meinung Theophrast's kann immerhi eine dem Wesen nach richtige gelten, wenn er annimmt, die Luft von der Sonne angezogen werde, mithin nicht könne, sondern sich bewegen müsse, wobei zugleich die S die Feuchtigkeit zerstreue und verdunsten mache und die jeden Fall eine gewisse Bewegung hervorrufe. Diod Siculus[1] meint, in Libyen sey die Luft bewunderns ruhig, denn dort gäbe es keine Wälder, keine schattigen ler, keine hervorragenden Hügel, keine groſsen Flüsse und Fruchtfelder, daher auch keine Verdampfung, welche sich vereint die Winde als Luftbewegungen hervorriefen. Her theilt die einfache Bemerkung mit, daſs die Luft stets v kälteren Gegend in die wärmere einströme, an welchen dings richtigen Satz Macrobius[3] die wunderlichsten E rungen knüpft. Minder deutlich drückt sich hierüber H krates[4] aus, wenn er sagt: Alle Winde müſsten vom S vom Eise, von sehr kalten Gegenden, Flüssen und Se wie von feuchten und erkalteten Orten mit so viel g Stärke wehen (πνέειν ἀπὸ), je wirksamer diese Ursache Die eigenthümlichen Eigenschaften der Winde leitet e nach nicht durchaus richtigen Principien von der Besch derjenigen Orte ab, von denen sie herkommen oder ü sie vorher wehen.

2) Setzen wir zu den hier mitgetheilten Hypothesen die Aeuſserungen der Alten, wonach die Winde bloſs wegungen der Luft sind, so lassen sich die Vorstellungen hierauf zurückbringen. Anaxagoras[5] hegte die richt sicht, daſs die Winde durch Verdünnung der Luft in ihrer Ausdehnung durch Wärme entstehen, Anaxim

1 Biblioth. Lib. III. cap. 51.
2 Histor. L. II. cap. 27.
3 Saturnal. Lib. VII. cap. 8.
4 De victus ratione. Opp. L. II. Sect. IV. p. 21.
5 Diogenes Laertius. Lib. II. cap. 3.
6 Achilles Tatius Isag. in Arat. c. 33.

Digitized by Google

en leitet das Strömen der Luft theils von den Wolken, von einer Verdunstung der Erde (ἀναϑυμίασις γῆς) her, meint, die verschiedenen Bezeichnungen der Winde besich auf die Orte ihres Ursprunges (z. B. ἐκνεφίαι, die den Wolken kommenden). Bei den lateinischen Schriftn finden wir bloſs die Aeuſserung, daſs der Wind eine ewegung sey, z. B. bei Lucretius[1], Vitruvius[2], Se-[3], Plinius[4], Isidorus[5] und andern. Interessant ist dae Wahrnehmung, wie die Zahl der Winde, von denen de ist, bei den späteren Schriftstellern zunehmend wächst. ous[6] nennt nur zwei Winde, beide aus Thracien wehend, r[7] aber deren vier, und zwar so, daſs sich schlieſsen es seyen damals nur diese allein beachtet und besonders t worden. Später wurden acht unterschieden, wie Ideler[8] weil der Auf- und Untergang der Sonne im Winter in ndere Gegend fällt, als im Sommer. Später setzte man e vier neuen Winde zwischen die ersten vier Cardinal-, und hierauf bezog sich auch der von Andronicus stes zu Athen erbauete achteckige, den Winden gete Thurm, auf dem ein Triton stand, welcher mit einem die Windrichtung andeutete[9]. Genau genommen war also nichts weiter, als eine elegante und kostbare Wind- Aristoteles[10] nennt zwölf Winde, nach seiner Zeit rden sowohl bei den Griechen als auch bei den Römern e Winde genannt und an den verschiedenen Orten nach egenden, woher sie kamen, durch eigene Namen bet, die man ziemlich vollständig durch Plinius[11] aufget findet.

Verdienen die hier mitgetheilten Aeuſserungen der Alten igentlich den Namen einer Theorie der Winde, so darf

---

De rer. natura. L. VI. v. 685.
De Architectura. Lib. I. c. 6.
Quaest. nat. L. V. c. 1.
Hist. nat. L. II. c. 44.
Origg. L. XIII. c. 11.
Theog. v. 379. 870.
Odyss. L. V. v. 295.
A. a. O. p. 67.
Vitruv de Archit. L. I. cap. 6.
Meteorol. L. II. cap. 6.
Hist. Nat. Lib. II. cap. 46.

Digitized by Google

Franz Baco[1] von Verulam (1560 bis 1626) als der erste gründer derselben genannt werden. Auch bei dieser A schlug jener merkwürdige Mann den richtigen Weg ein, i er zur Lösung derselben Beobachtungen mit Experimenten band. Nicht bloſs beachtete er die Richtung der Winde, dern zugleich auch ihren Zusammenhang mit den Hydrom und der Temperatur. Er nennt die Sonne die vorzüg Erzeugerin der Winde, vorzugsweise der Passatwinde, ihre Strahlen die Luft mindestens um ein Drittel ihres Vo ausdehnen und dadurch nothwendig Bewegung herv müssen. Da die Kraft der Sonnenstrahlen in der äquat Zone am gröſsten ist, so muſs ihre Wirkung dort am gröſsten sein, und indem die Sonne sich von O. nach W wegt, die kältere Luft aber stets in den erwärmten Rau dringt, so muſs hieraus der beständige Ostwind entstehen. Prüfung der Sache stellte er eine Kohlenpfanne mit glü Kohlen in einen engen Thurm, erhitzte dadurch den Raum, und bemerkte, daſs die heiſsere Luft aufstieg, an Fäden hängende Körper aber in Bewegung gesetzt Hätte Baco die Richtigkeit des Copernicanischen Syste erkannt, so würde er wohl ohne Zweifel namentlich die winde vollkommen genügend erklärt haben; da aber nicht der Fall war, so setzte er hinzu, es sey auch m daſs sich die Atmosphäre auf gleiche Weise, als der täglich einmal um die Erde drehe und diese Dreh dem Aequator, wo sie am stärksten sey, auch am auffall wahrgenommen werde. Selbst einen Einfluſs des Mon der Sterne auf die Entstehung der Winde schlieſst er weil bei Mondfinsternissen, Planetenconjunctionen Aufgange groſser Gestirne lebhafte Winde zu herrschen Auf die Hypothese einer Drehung der Atmosphäre Baco indeſs wenig Werth gelegt zu haben, auch fand ter keinen Beifall, vermuthlich weil sich unter mittlere ten keine Spur davon zeigt, die Erwärmung durch die und das Fortschreiten derselben betrachtete aber später Andern auch Varenius als Ursache der Passate[2].

---

1 Historia naturalis et experimentalis de Ventis. 1664. In Works by Shaw. Lond. 1733. 4. T. III. p. 441. Kämtz benutzte gabe Lugd. Bat. 1648. 12.

2 Geographia generalis. L. I. cap. 20.

Als die Rotation der Erde allgemeiner angenommen war es wohl natürlich, daſs man diese, schon wegen des e Neuheit der Sache erregten Interesses, als Ursache der und namentlich der Passatwinde, ansah, was dann auch ilile, Cartesius, Rohault, Mersenne und andere ige Physiker geschah[1]. Nach ihrer Ansicht erhielt das ie Erde umgebende Fluidum ursprünglich nicht gleiche idigkeit, als dieser feste Körper, muſste daher bei der Rotation der Erde von West nach Ost zurückbleiben, ne entgegengesetzte Bewegung annehmen und hieren beständigen Luftzug von Ost nach West erzeugen. iegt wohl keinem Zweifel, daſs in diesem Sinne die ung der Erde keinen Einfluſs auf die Erzeugung der iben kann, da die Atmosphäre, deren Höhe im Verm Erdhalbmesser so gering ist[2], durch ihre Adhädie Oberfläche der Erde sehr bald eine mit dieser schwindigkeit der Bewegung erhalten muſs. Hiervon sich Halley bald, da ihm noch obendrein sein er Aufenthalt zwischen den Wendekreisen die beste it gab, Beobachtungen, namentlich über die periodinde, anzustellen, und er gab daher in seiner treffandlung[3] eine sehr vollständige Sammlung der merk- beständigen und periodischen Winde, erläuterte die derselben durch eine Charte, und stellte eine Theorie Ursprung auf, die noch jetzt mit einigen wesentlificationen als die herrschende betrachtet wird. Hierie Sonne die vorzüglichste Ursache der Winde, soeine anhaltende Erwärmung der Luft die Ausdehnung bewirkt und dadurch eine Bewegung erzeugt wird. dehnte leichtere Luft findet auf der Erdoberfläche erwindlichen Widerstand, muſs daher aufsteigen und wärts abflieſsen; in den verdünnten Raum derselben ie Luftmassen seitwärts ein, es entsteht hierdurch ontale Strömung, und da die erzeugende Ursache Ost nach West weiter rückt, so wird hierdurch die

ilei betrachtet die Passate als einen Beweis für die Rotade. S. De Syst. Mundi Dialogi, Dial. IV. p. 327. ed. 1641.

gl. Art. *Meteorologie.* Bd. VI. S. 1989.

historical account of the Trade-Winds and Monsoons. In 1686. N. 183. p. 153.

Richtung dieser Luftströmung bedingt und ein [illegible] perennirender Ostwind. Uebrigens hatte Hooke[1] schon Strömungen der kälteren Polarluft zum Aequator angenommen und manche atmosphärische Erscheinungen daraus abgeleitet, wie sich leicht erklären läſst, wenn man berücksichtigt, daſs einem so gelehrten Physiker die [illegible] nicht wohl unbekannt seyn konnten. Halley's Theorie hatte schon einen bedeutenden Grad der Vollständigkeit, da sie nicht bloſs die unteren Passate erklärt, sondern auch die Richtung der aufsteigenden Luftmassen berücksichtigt. Dagegen findet hier offenbar eine Lücke statt; denn obgleich es [illegible] Abflieſsen zeige sich unzweifelhaft in dem Südwest-[illegible], welcher an der Grenze des Nordost-Passates herrsche, so folgt dieses doch keineswegs aus der Theorie, vielmehr müſste hiernach die Luftströmung ihre ursprüngliche Richtung [illegible] beibehalten, nach ihrem Zusammentreffen mit der entgegengesetzter Richtung strömenden gehoben werden und [illegible] abflieſsen. Diesen wesentlichen Mangel ersetzte Hadley[2], indem er die Rotation der Erde als Bedingung [illegible], also die von Norden herbeiströmende Polarluft, indem sie Zonen stärkerer Rotationsgeschwindigkeit zugeführt wird, eine östliche Richtung erhalten muſs, die obere zurückfliessende dagegen aus gleichem, aber entgegengesetzt wirkendem Grunde eine westliche, woraus dann auf der nördlichen Halbkugel der untere NO., der obere SW., und auf der südlichen der untere SO., der obere NW. Passat entstehen muſs. Diese Theorie ist in der neueren und neuesten Zeit als genügend allgemein angenommen worden, ohne tiefer in die verschiedenen Ursachen einzugehn, welche nach den älteren Ansichten die Entstehung und die mannigfaltigen Veränderungen der Winde bedingen, wie man diese z. B. durch Mariotte[3] und Andere angegeben findet.

5) Im Jahre 1720 setzte die Akademie der Wissenschaften zu Bordeaux einen Preis für die Bestimmung der Ursache der Veränderungen der Winde aus, welchen Sarrabat[4] [illegible]

---

1 Posthumous Works. p. [illegible].

2 Philos. Trans. 1735. T. XXXIX. p. 58.

3 De la nature de l'air. In Oeuvres. Leide 1717. 4. p. [illegible]

4 Recueil des Prix de l'Academie de Bordeaux. T. III. Lindenau a. a. O. p. [illegible]. Vergl. Cotte in Mem. T. I. p. [illegible]

ihm sind die Ursachen der Winde theils cölestische, terrestrische; zu den erstern gehört aber bloſs die Sonne, Wirkungen er durch einen Versuch zu versinnlichen sich bte. Er hielt demnach ein glühendes Eisen über eine rfläche, auf welcher leicht bewegliche Körper schwammen, a diese hierdurch in Bewegung gesetzt wurden, so schloſs Sonnenstrahlen müſsten eine impulsive Kraft haben, ver- welcher Flüssigkeiten von dem Puncte, wo sie von ihnen n würden, sich wegbewegten. Hiernach müsse also die ch durch Sonnenwärme erheben, die höheren Luftsäulen dann oben auf die umgebenden niederen herabfliessen, ch aber eine kreisförmige Bewegung in der Atmosphäre , um die Luftmassen zu ersetzen, die durch die Son- ne erhoben wären. Diese Theorie, wonach eine drei- ewegung der Luft durch die Sonnenstrahlen, eine auf- le, herabfliessende und drehende, erzeugt wird, und viele Phänomene des Windes erklärbar sind, machte Dupain de Nemours[1] bekannt und führte zugleich dene Thatsachen zu ihrer Unterstützung an. Nach Sar- ist übrigens die Sonne nicht die einzige Ursache der sondern die Axendrehung der Erde wirkt zugleich mit, aus lassen sich die Passate zwischen den Wendekreisen periodischen Winde unter mittleren Breiten erklären. noch andere bedingende Ursachen, als Dämpfe, un- Temperaturen und Unebenheiten des Bodens, hinzu, so durch die Ursachen gegeben, aus denen sich die Winde lmeeres und die Moussons des indischen Oceans ab- sen. Die veränderlichen Winde endlich beruhen nach nicht noch auf verschiedenen, zu diesen allgemeinen mmenden Ursachen, unter denen Verdichtungen der steigende Dämpfe, entzündete Ausdünstungen, Wolken, eils durch das herabfallende Wasser, theils durch Er- ungleiche Erwärmung, theils an demselben Orte l, theils an verschiedenen Puncten gleichzeitig statt Erschütterungen der Luft, Hindernisse durch Berge, nd sonstige Gegenstände und andere mehr die wich- d.

---

ns. of the American Phil. Soc. held at Philadelphia. T. VI. gl. Mon. Corr. Th. XI. S. 260.

6) Eine durch ihre Einfachheit und die Eleganz des C
cüls sehr ansprechende Theorie der Winde gab d'Alemb
Hiernach werden die Oscillationen der Atmosphäre auf gle
Weise, als Fluth und Ebbe des Meeres, durch die Attra
des Mondes und der Sonne hervorgebracht. Die Wirkun
dieser Kraft sind zwar, wie er findet, viel zu schwach,
einen Einfluſs auf das Barometer zu äuſsern, dennoch aber
mögen sie den beständigen Ostwind zu erzeugen, und
dieser einmal vorhanden ist, durch nicht allezeit natürl
von ihm angenommene Modificationen die veränderlichen W
hervorzurufen. Diese Theorie hat nicht eben viele Anh
gefunden, in v. Lindenau[2] aber neben gebührender A
kennung ihrer Verdienste einen überlegenen gewiegten G
Abgesehn von dem Umstande, daſs die Elasticität der
vernachlässigt und eine etwas willkührliche Approximation
braucht worden ist, daſs es unendliche Schwierigkeiten h
den gefundenen Ausdrücken die Stärke und Richtung des
des herzuleiten, und daſs die in beiden Halbkugeln herrsc
Nord- und Westwinde sich gar nicht aus ihr herleiten
stellt er ihr noch folgendes unwiderlegliches Argument
gegen. Sollten die Strömungen der Luft auf gleiche
als Ebbe und Fluth durch die Anziehung des Mondes
Sonne erzeugt werden, so hat La Place[3] nachgewiese
eine zunehmende Tiefe des Meeres die Höhe der Flu
mindert. Da aber die Höhe der Atmosphäre ungleich b
licher ist, als die Tiefe des Meeres, so müssen auch
cillationen der Luft viel kleiner seyn. Auſserdem s
obersten Schichten der Luft ausnehmend dünn und h
wenig Adhäsion unter einander, daſs sie füglich ein
unbedeutenden Druck erleiden können, ohne dadurch
afficirt zu werden, und da die Erfahrung der Ta
wie die Theorie nach La Grange[4], gelehrt haben,
Bewegungen eines Fluidums bloſs dessen Oberfläche tre
sich nicht bis zu bedeutender Tiefe erstrecken, so kan
aus diesem Grunde die Gravitation auf die Bewegun

1 Réflexions sur la cause générale des vents, pièce q
porté le prix par l'Acad. Roy. de Prusse pour l'année 1746. Be

2 Monatl. Correspondenz. Th. XIII. S. 262.

3 Mécanique céleste. T. II. p. 201.

4 Mécanique analytique. p. 491.

Digitized by Google

üre keinen bedeutenden Einfluſs haben[1]. Nach den hungen, welche LA PLACE[2] hierüber angestellt hat, Geschwindigkeit der hierdurch erzeugten Luftbewegung iſser seyn, als 33,388 Linien in einer Secunde, und lso gar nicht in Betrachtung, wenn von Winden die

Die meisten Physiker richteten ihre Aufmerksamkeit eise auf die Passatwinde, und bemüheten sich, diese en; ihre Ansicht ging aber fast ohne Ausnahme dahin, onne durch die Erwärmung des Bodens und der Luft rufe und diese also als die vorzüglichste, wenn nicht rsache derselben anzusehn sey. Für diese Hypothese h MYLIUS[3], dessen Abhandlung neben der erwähnten MBERT das Accessit von der Gesellschaft der Wissen- n Berlin erhielt. Auch hierin werden vorzüglich die e berücksichtigt, deren Erklärung keine Schwierig- ursacht, die periodischen Winde (Moussons) aber, in beschreibt, hält er in Beziehung auf die bestän- etwas Aehnliches, als den Mangel an Ebbe und Fluth indischen Meere. Auch DE LA COUDRAYE hält in der Akademie zu Dijon im Jahre 1785 gekrönten [4] die Sonne für die einzige Ursache der Winde. Es mer noch die im Wesentlichen hiermit überein- Abhandlungen von COLEPRESS[5], von GARDEN[6], ENTIN[7], von STRAHL[8] und einigen Andern genannt ren ausführliche Erörterung jedoch der Mühe nicht dürfte.

chtiger dagegen sind die Ansichten, welche MUS-

ich der Satz richtig ist, daſs der Mond keine merkliche Fluth Atmosphäre erzeugt, s. Art. *Meteorologie* Bd. VI. S. 1898, er Grund, worauf er gestützt wird, daſs nämlich die Be- Wassers nicht in die Tiefe dringen, durch neuere Be- und Versuche widerlegt worden. Vergl. Art. *Wellen* a. v. O.
l célest. T. II. p. 297.
ch einer Bestimmung der Gesetze der Winde. Berlin 1840.
ie des Vents. Fontenay 1786. 8.
. Trans. N. 26.
. Trans. 1685. T. XV. N. 175.
d. Abhandl. von 1762. T. XXIV. p. 173.
. Samml. zur Physik u. Naturgesch. T. II. St. 5. S. 575.

SCHENBROEK[1] über die Ursachen der Winde hegte, weil d
Gelehrte später allen Physikern als Autorität galt. Er
die Winde in vier Classen, beständige, periodische, See-
Landwinde und veränderliche. Die Ursachen der bestän
sind vorzugsweise die Sonne, in Folge der Erwärmung
Luftmassen, auf welche ihre directen Strahlen fallen, u
dadurch zum Aufſteigen vermocht werden, wonach de
oberen Theile seitwärts abflieſsen, die umgebenden kälte
in die verdünntere eindringen müssen, und da diese
von Osten nach Westen fortschreitet, so ist hierdu
Richtung dieses Windes von selbst gegeben. Hierzu k
dann die warmen, elektrischen und elastischen Dämpfe,
Menge aus dem erwärmten Meere aufſteigen und hie
Hauptursache unterstützen. Die Meinung, daſs der Pa
durch die Rotation der Erde erzeugt werde, verwirft e
sächlich wegen der groſsen Geschwindigkeit dieser Axen
im Verhältniſs zu der der Winde, und die Hypothese
Erzeugung derselben durch den Mond aus dem Grunde,
sonst seine Richtung in jedem Monate zweimal ändern
Ueber die Ursachen der periodischen Winde will er lie
Unwissenheit bekennen, als eine gewagte Hypothese
glaubt aber, daſs mehrere Ursachen zusammenwirken
Lage der Berge, die in gewissen Perioden wieder
Ausdünstungen, Schmelzen des Schnees, Erwärmung
dens und verschiedene andere noch unbekannte, viell
solche, die unter dem Meere aus der Erde hervorbr
diejenigen, die den indischen Ocean zu gewissen Zeit
und leuchtend machen. Die Land- und Seewind
richtig von der ungleichen Temperatur her, die im
Wechsel über der See und über dem Lande herr
Ursachen der veränderlichen Winde theilt MUSSCHE
vier Classen, indem sie sich unter der Erde, auf
fläche derselben, im Luftkreise oder endlich über de
finden. Zahlreiche Beobachtungen zeigen uns u
Winde, die aus den Aeolushöhlen hervorbrechen. A
derselben lassen sich ungleiche Erwärmung und Er
communicirenden Gängen, Zusammendrückung der
herabfallendes Wasser, unterirdisches Feuer, Erdbe

1 Introd. in Phil. Nat. T. II. §. 2548 ff.

n der äuſseren Winde in Höhlungen und Gänge an-
¹. Auf der Erde giebt es unzählbare Ursachen, welche
wegungen erzeugen, als die Wellen des Meeres, Ebbe
luth, groſse Ströme, aufsteigende Dünste, starke Feuer
xplosionen, Schmelzen des Schnees, Lavinen, Gährung
ulniſs, entwickelte elastische Medien u. s. w. Die vor-
sten Ursachen sind in der Luft selbst enthalten, die
htung und Verdünnung derselben durch Wärme und
Aufſteigen der Dünste und Herabfallen des Regens,
nung und Zusammendrückung der Wolken, Luftelektri-
rkältung der Luft durch den Schatten der Wolken und
fbrausen verschiedener einander begegnender Ausdün-
, wodurch elastische Materien erzeugt werden, endlich
z, welcher die Luft aus der Stelle treibt und andere
st, sich in deren verlassenen Raum zu stürzen. Ueber
mosphäre wirken zur Erzeugung der Winde die An-
der Sonne und vorzüglich des Mondes, welche auf
tkreis in gleicher Weise, als auf das Meer wirken.

Als der Urheber der in den neuesten Zeiten gangbaren
der Winde ist wohl de Luc[2] zu betrachten, welcher
die Vorarbeiten Halley's und Hadley's nicht un-
lieſs. Hiernach ist der jährliche und tägliche Lauf der
in Folge der dadurch bewirkten Erwärmung der Luft
sache der Winde, indem die erhitzten und ausgedehnten
sen aufſteigen und oben abflieſsen, unten aber die käl-
ihre Stelle treten. Die letzteren kommen von den
er und haben unter höheren Breiten eine weit geringere
geschwindigkeit, als welche sie in der äquatorischen
nehmen gezwungen werden; sie erhalten dadurch eine
ichtung entgegengesetzte Bewegung, und daher müssen
Norden zum Aequator strömenden Massen, so wie die
dpole dahin gelangenden, nach Westen hin abflieſsen,
den nach dem Stande der Sonne modificirten beständigen
d erzeugen. Die vom Aequator in den oberen Regionen

Nach F. Knoll brechen solche auch zuweilen unter dem Meere
und bewirken dessen Wallen und Aufbrausen. S. Wunderer-
gen, ins Licht gesetzt u. s. w. Langensalza 1785. 8.

Neue Ideen über die Meteorologie. A. d. F. Berl. u. Stett. 1788. 8.
S. 620 ff.

in die nördlichen Parallelkreise übergeführten Luftmassen sen aus dem nämlichen, hierbei umgekehrt wirkenden, eine Richtung nach Osten annehmen, und hierdurch Südwestwind erzeugt werden, während auf der südlichen kugel ein Nordostwind entsteht. Weil aber die Winde wegs so regelmäſsig sind, als sie hiernach seyn können wir nicht umhin, noch andere und wirksame sachen aufzusuchen. Hierzu gehören ohne Zweifel und Regen, wie man auch daraus entnehmen kann, terer in der Regel von Stürmen begleitet ist. Beide hatte schon vorher de Saussure[1] zur Erklärung Winde benutzt, indem er glaubte, daſs theils die Dünste bei ihrer plötzlichen Verdichtung zu tropfbaren leere Räume erzeugten, theils der Regen selbst wieder schen Dampf bilde und dadurch eine merkliche der Luft erzeuge.. Gegen diese in ihrem ersten über jeden Zweifel erhabene Ansicht meinte aber Gemäſsheit seiner bekannten Theorie vom Regen, wöhnliche Art, die Verdunstung des Wassers und stehung des Regens zu betrachten, zur Erklärung tigen Stürme, wie sie oft den Gewittern und ausgehn, nicht genüge, und er suchte daher die starken Windstöſse in denjenigen Verwandlungen, selten in der Atmosphäre statt finden. Wenn die sich durch gewöhnliche Verdunstung in den Luftkreis haben, eine Zeitlang daselbst in Luftgestalt befindlich so verwandeln sie sich vielleicht plötzlich wieder Volumensvermehrung in Dunst und dieser verdichtet mit starker Abnahme des Volumens zu tropfbarem Diese schnellen und beträchtlichen Veränderungen mens sind vermögend, die Stürme und Windstöſse zu machen, die man bei plötzlicher Bildung der bei heftigen Regengüssen beobachtet. De Luc denkt die Wolken nicht als bleibende Massen, sondern als gehende Phänomene, welche alle Augenblicke zerstört der erneuert werden, woraus sich dann die so lange den Winde erklären lassen, von denen sich nach nung nicht wohl Rechenschaft geben läſst, wenn man

---

1 Essays sur l'Hygrométrie. Essay IV. §. 283.

Digitized by Google

lichen Theorie von der Verdampfung und dem Nieder-
e huldigt und nicht der seinigen von einer Verwandlung
Wassers in eine eigentliche Luftart beipflichtet.

0) Ungleich mehr Beifall, als sie eigentlich verdiente, hat
n Hube[1] aufgestellte Theorie erhalten. Hiernach sind
iedenheit in der Erwärmung durch die Sonne, Verdun-
und Elektricität die Hauptursachen der Winde. Die kalte
er Pole strömt nach den wärmeren Gegenden und erhält
die Axendrehung der Erde eine Richtung von Ost nach
daher auch auf dem Eismeere Ostwinde herrschen. Un-
twinde im Frühling kommen aber von den nach Osten
n kalten Ländern, die insbesondere im Frühjahr ihre
Temperatur noch länger beibehalten. Auf dem mittel-
en Meere herrscht Ostwind wegen der Gebirge auf der
Syriens, die südlichen Winde auf dem arabischen Meer-
n Winter kommen wahrscheinlich von den hohen Ge-
Abyssiniens. In unsern Gegenden brechen im Som-
nde aus beschatteten Thälern zwischen hohen Bergen
Oeffnungen tiefer Berghöhlen hervor, die mit zuneh-
Wärme des Tages heftiger werden, bei Nacht aber auf-
Die Abkühlung der Luft durch Wolken erzeugt Winde,
an ein District mehr von Gewölk beschattet, oder in
aufigerer Regen kälter ist, als ein anderer, so erheben
täglich im Sommer zwischen beiden Winde, die sich
bend legen und am andern Tage wieder beginnen.

dem Entstehen mancher Winde und zur Erklärung
meterschwankungen entnimmt Hube eine ihm eigen-
e Hypothese der Verdunstung. Hiernach soll es zwei
nselben geben; bei der ersten wird die Elasticität der
rklich erhöht, die zweite geht langsamer von statten
e Vermehrung der Elasticität der Luft findet nicht statt.
ten würde es überflüssig seyn, die Versuche, die er zur
ung dieser Hypothese anführt, näher zu prüfen, da
ehler[2] bei der damals noch unvollkommenen Kennt-
Verdunstungsprocesses und ungeachtet des Beifalls, wel-

---

[1] Ueber die Ausdünstung und ihre Wirkungen in der Atmosphäre.
790. 8. Kap. 57 bis 68. Vollständiger und faſslicher Unterricht
aturlehre. Leipz. 1793. 8. Br. 34 bis 37.

[2] Wörterbuch a. A. Th. V. S. 93.

chen er diesen Sätzen zollt, dennoch eine Menge Zweifel
gegen aufstellt. In Gemäſsheit dieser Theorie sollen versch
dene Winde aus schnellen und starken Verdunstungen der e
Art entstehn, wobei die Luft ihre eigenthümliche Schwere
hält, oder wohl gar durch die Auflösung des Wassers e
kühlt noch schwerer wird und daher von unten dahin ab
wo sie den geringsten Widerstand findet. Auf diese W
entstehn die Schneewinde und Winde aus regnenden W
die über eine heiſse, trockne und stille Luft hinziehn,
auch bei stillem und starkem Regen, wenn die Wolken
zertheilen, und in der Nähe der Wasserfälle. Der merk
digste Wind dieser Art ist der schwache Ostwind, w
sich kurz nach Sonnenaufgang zu erheben und eine od
Stunden anzuhalten pflegt. Er ist stets, vorzüglich
Winter, kalt, in bergigen Gegenden häufiger, und
bloſs auf dem festen Lande zu bemerken. Hube erklä
bekannte Luftströmung (§. 28) auf folgende Weise. D
wird über dem festen Lande nach heiteren Tagen währ
Nacht in der Tiefe viel kälter, als oben, und dadurch
die Ziehkraft (in Beziehung auf die Verdunstung, in
Luft den Wasserdampf anziehn soll) der oberen und
Luft gröſser, als sie auſserdem seyn würde. Die viel
nicht ganz aufgelösten Wassertheilchen, womit die un
durch die Ausdünstung der ersteren Art am Tage ang
steigen bei Nacht in die Höhe, häufen sich daselbst a
den von den ersten Strahlen der noch nicht über den
gekommenen Sonne getroffen und nebst der Luft, a
hängen und deren Ziehkraft dadurch wächst, erwärmt;
löst sie auf die erste Art auf, wird dadurch plötzlich
dehnt, kälter und specifisch schwerer, fällt daher mit
theilchen beladen herab und erkältet die untere Luft.
Herabfallen geschieht aber nicht in lothrechter Richtung
dern mit einer Neigung nach Westen, weil auch die
Ursache in dieser Richtung fortschreitet; es entsteht ein
cher Ostwind, welcher aber nur wenige Stunden anhä
die untere Luft später erwärmt wird und sich stärker
als die obere. Uebrigens befördert dieser schwache
den Morgenthau, und bewirkt, daſs die Kälte vor So
gang von oben auf die Erde herabzusteigen scheint.
giebt es nach Hube in allen kalten Ländern noch

Digitized by Google

de, die bald aus dieser, bald aus jener Gegend kommen, oft über hundert Meilen hin erstrecken, zuweilen sehr g sind und nicht selten eine wärmere Luft herzuführen. ssen sich weder durch Erkältung, noch durch Ausdün- erklären, weil sie im ersten Falle nie wärmere Luft her- ten, im zweiten sich nicht so weit erstrecken könnten, a sie sich nie in heiſsen Ländern finden, müssen sie eine dere, den kälteren Ländern eigene Ursache haben. Diese m die Elektricität seyn, von welcher angenommen wird, e die Spannung der in der Luft aufgelösten wässerigen e, jedoch bloſs der Dünste zweiter Art, ansehnlich ke.

Man ersieht aus dieser kurzen Darstellung einer sehr aus- hen Untersuchung, daſs Hube weder eine hinlängliche niſs der Thatsachen besaſs, noch auch die Erscheinungen nügendem Scharfsinn auffaſste, in der Wahl der Hypo- sehr dreist zu Werke ging, und dann zur Aufrechthal- derselben zu sehr willkürlichen, anerkannten Naturge- mitunter widerstreitenden Voraussetzungen seine Zuflucht Dieses zeigt sich in allen Erklärungen, mit Ausnahme n den Passatwinden, die jedoch schon vorher bestand.

) Nachdem das bisher Mitgetheilte vorausgegangen war, man auſserdem noch die Bemühungen von Franklin[1], r[2], Cotte[3] (durch den reichen Schatz der von ihm elten Thatsachen), insbesondere aber von Romme[4] zäh- n, minder bedeutende Arbeiten nicht zu erwähnen, un- v. Lindenau[5] die Begründung einer genügenden Theo- Winde. Um hierbei die zahllosen Nebenbedingungen hlieſsen und die Hauptgesetze unabhängig von diesen llen, nimmt er vorläufig die Erde als allgemein von umgeben und die feinere Atmosphäre über diesem ru- n, welche beide Flüssigkeiten mit einander in der ge- n Verbindung stehn, indem wässerige Feuchtigkeiten Condensation der Dämpfe in der Atmosphäre und wie-

Philos. Trans. 1765. p. 182.
Journ. de Phys. T. XXXVIII. p. 365. 370.
Traité de Météorologie Par. 1774. Mémoires. Eb. 1789.
Tableaux des Vents, des Marées et des Courans. Par. 1806.
Monatl. Corresp. Th. XIII. S. 435.

..um Dämpfe durch Expansion aus dem Meere entstehn. D..
..s vorausgesetzt und zugleich angenommen, daſs alle in ..
..uftschichten beobachteten Bewegungen bloſs als Folgen ..
..störten Gleichgewichts anzusehn sind, ohne welche ..
..llkommene Ruhe statt finden würde, ist die Bestimmung ..
.. Störungen und ihrer Ursachen der eigentliche Gegen..
.. Untersuchungen. Hiernach lassen sich als wirkende ..
..zugsweise ansehn:

1) Die Rotation der Erde,
2) Verdichtung und Verdünnung der Atmosphäre ..
Sonnenwärme,
3) allgemeine Bewegungen des Meeres,
4) Gravitation des Mondes.

In Folge der Ausdehnung der Luft durch Wärme .. ..eiſsen Zone muſs die dichtere Luft von den Polen .. ..m Aequator strömen, und weil diese unter höheren .. ..ne geringere Rotationsgeschwindigkeit hat, als unter .. .. muſs sie in der Richtung nach Westen zurückblei.. ..her einen Ostwind erzeugen. Durch eine nicht sch.. ..rechnung läſst sich dann finden, wie groſs die Ges.. ..gkeit dieser Bewegung seyn muſs, was ich jedoch hie.. ..he, da diese Bestimmung von der Geschwindigkeit .. ..gung vom Pole zum Aequator und von dem Ein.. ..f dieser Bahn befindlichen Luftmassen herrührt, welch.. ..öſsen nicht wohl genau zu ermitteln sind. Angen.. ..trüge die Geschwindigkeit der Bewegung von Nor.. ..d 18 Fuſs in einer Secunde, so würde die östlich.. ..ng vom 18ten Breitengrade bis zum 20sten nur 12 .. ..ner Secunde, und bis zum 19ten Grade nur 5 Fuſs .. ..raus hervorgeht, daſs diese Ursache allerdings zur .. ..nes beständigen Ostwindes mitwirken, stärkere Ostwi.. ..f keine Weise erzeugen kann. Weit beträchtlicher .. ..irkungen der Dilatation der Luft durch die Wärme, ...ſs man, um die Stärke und Direction der hierdurch .. ..n vorausgesetzten Bedingungen erzeugten Winde zu .. ..n, theils die Differenz der Temperatur in verschiede.. ..llelen, theils die tägliche eines gegebenen Ortes od.. ..n demselben Parallel unter verschiedenen Meridianen .. ..nde zu bestimmen suchen. Ist dieses geschehn, so .. ..m Laufe der Sonne von Ost nach West, daſs alle ..

Digitized by Google

te einen höheren Wärmegrad, als die östlichen, und r alle regelmäſsige Winde eine Richtung von Ost nach t erhalten, wobei es sich wohl von selbst versteht, daſs ächtliche kältere Temperatur auf diese Richtung keinen uſs haben kann. Ohne in eine eigentliche Discussion die- Problems einzugehn, erklärt sich v. Lindenau bestimmt t die Ansicht, wonach die regelmäſsigen Winde bloſs t die Axendrehung der Erde erzeugt werden sollen. Aus Dilatation der Luft durch die Wärme unter dem Aequator einfach, daſs eine östliche und eine nördliche Luftströ- entstehn muſs. Wollte man diese genauer bestimmen, so e das Gesetz der ungleichen Verbreitung der Wärme auf ble dabei zum Grunde gelegt werden. Diese Aufgabe lend bezieht sich v. Lindenau nur kurz auf die Arbeiten Halley, L. Euler und hauptsächlich Fontana, hält sich zletzt an die bekannte Formel von Tob. Mayer; es ist bereits[1] ausführlich gezeigt worden, daſs es ein solches eines Gesetz gar nicht giebt, weil auſser dem Auffallwinkel nnenstrahlen eine Menge örtlicher Bedingungen einen so hen Einfluſs ausübt, daſs in den hierüber zu suchenden schen Ausdruck auch ein Coefficient der Länge eingeführt n muſs, und es auch dann noch fraglich bleibt, ob sich n Erfahrungen völlig genügender auffinden läſst. Die Ursache der Winde, nämlich die Bewegung des Meeres, ehr nahe. Aus dem Meere steigen fortwährend Dämpfe Atmosphäre auf, und die letztere muſs daher eine mit ichtung jener übereinstimmende Bewegung annehmen, also eeresströmung folgen. Durch die Rotation der Erde und nwirkung der Sonne wird aber das Gewicht des Wassers dem Aequator stets vermindert, und auſserdem steigt eine ende Menge als Dampf auf, die Gesammtmasse desselben dadurch verringert, statt daſs sie unter den Polen durch schläge zunimmt; es entsteht somit der bekannte Polar- und hierdurch die westliche Strömung des Meeres unter Aequator, welche dann den Ostwind daselbst bedingt. nziehung des Mondes endlich übt allerdings einen Ein- uf die Oscillationen der Atmosphäre aus, allein wenn auch dreimal so groſs als der der Sonne angenommen

[1] S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 500.

Digitized by Google

wird, so ist dennoch die durch beide Himmelskörper erze
Wirkung so gering, daſs sie sich in den übrigen atmosph
schen Anomalieen verliert.

12) Der Plan, dessen Ausführung v. Lindenau[1] sich
genommen hatte, dessen vollständige Ausführung aber w
scheinlich wegen der unermeſslichen damit verbundenen Sch
rigkeiten unterblieben ist, war vortreſſlich. Er beabsich
nämlich eine aus den vier genannten Ursachen und unter
Voraussetzung einer überall vom Meere bedeckten Erdob
entwickelte Theorie der Winde aufzustellen, die hieraus
vorgehenden Resultate als die mittleren und die durch E
rung gegebenen als Modificationen oder auf gewisse Weis
Perturbationen zu betrachten, und deren Ursachen dann
suchen. Wenn man aber berücksichtigt, um wie viel die
der Thatsachen seitdem (seit 1806) durch die zahlreichsten
achtungen der neueren Zeit vermehrt worden ist, so begreif
leicht, daſs dieser mit Ueberlegung und Sachkenntniſs en
fene Plan damals noch gar nicht genügend zur Ausfü
kommen konnte. Absichtlich beschränkte sich daher v.
denau nur auf die Untersuchung der Wirkungen, wel
angegebenen vier Ursachen in Beziehung auf Erzeugun
Richtung der Winde haben, wobei die Anziehung durch
und Sonne als verschwindend gar nicht in Betracht k
Betrachtet man die übrigen drei Ursachen näher, so beru
alle auf dem Einflusse der Wärme durch die Sonne,
diese die Luft unter dem Aequator aufsteigen macht u
gleich die Wirkung der Rotation unserer Erde auf die v
Polen zum Aequator strömenden sowohl Luftmassen, al
Wassermassen durch die Ungleichheit der Temperatu
verschiedenen Zonen bedingt, wie nicht minder die V
pfung des Meeres, die als dritte Ursache genannt ist. H
wird die Möglichkeit einer Theorie der Windströmung
Functionen der Wärme anschaulich, und es kommt dah
darauf an, das Verhältniſs zwischen Wärme, geograph
Breite und Declination der Sonne allgemein zu besti
Wäre dieses geschehn, so müſste man zur Bestimmun
Ausdehnung der Luft durch die Wärme und der Stärk
Verdunstung des Meeres unter verschiedenen Breiten üb

---

1 Monatl. Correspondenz. Th. XV. S. 40.

Digitized by Google

lie Theorie der atmosphärischen Störungen durch Ent-
lung dieser drei Functionen zu begründen. v. LINDENAU
it sich dann, die *Maxima der Wärme* in den Sommer-
en, *die Zeiten der gröſsten täglichen und jährlichen*
se und *das Verhältniſs der jährlichen Wärme der ver-*
denen Zonen für die nördliche Halbkugel von 0° bis 60°
eite aufzufinden, die er in Tabellen zusammenstellt; es
r oben[1] bereits gezeigt worden, daſs alle frühere Bemühun-
ieser Art miſslingen muſsten, weil die Auffindung der Iso-
n durch AL. v. HUMBOLDT der ganzen Aufgabe eine
us veränderte Gestalt gab. Es genügt daher hier, aus
ater Achtung gegen den groſsen Gelehrten den Gang zu be-
en, den er zur Erhaltung jener Resultate gewählt hat.
amt nämlich an, daſs das Differential der Sonnenwärme
roducte aus dem correspondirenden Zeitmomente in den
s der Zenithdistanz der Sonne gleich sey. Wird dann
Zenithdistanz die Polhöhe, die Declination und der
nwinkel substituirt, und bezeichnet man diese Gröſsen
λ, δ und z, so wird nach gehöriger Integration und
mung der Constante unter der Bedingung, daſs beim
aufgange h dem halben Tagebogen gleich ist, die Son-
rme für jeden Stundenwinkel z durch den Ausdruck:

$$(\mathrm{Sin.}h - \mathrm{Sin.}z)\,\mathrm{Cos.}\lambda\,\mathrm{Cos.}\delta + (h - z)\,\mathrm{Sin.}\lambda\,.\mathrm{Sin.}\delta$$

len. Bis so weit folgt v. LINDENAU den Bestimmungen,
FONTANA[2] hierüber aufgestellt hat, bei den folgenden
uchungen aber, wobei es darauf ankam, die Stunde der
n Hitze an einem gegebenen Tage und den Tag der
n Wärme im Jahre zu finden, wich er von diesem ab,
ierzu die gewöhnliche Methode der Differentiation be-
, und ging vielmehr zur Vermeidung transcendenter Glei-
en von dem Grundsatze aus, daſs das Moment der gröſs-
Virkung jederzeit dann eintritt, wenn die Summe der wir-
n Kräfte durch die Zahl der correspondirenden Zeiträume
rt ein Maximum giebt. Da die Berechnung selbst nicht
theilt worden ist, so genügt es hier nur zu bemerken, daſs
uf diese Weise theoretisch gefundenen Werthe wirklichen
chtungen angepaſst werden; allein man weiſs jetzt nach

[1] S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 502 ff.
[2] Meditationes physico-mathem. p. 1 sqq.

den bereits erwähnten ausführlichen Untersuchungen über d
Temperaturverhältnisse der verschiedenen Orte unserer Er
daſs ein solches allgemeines Gesetz mit der Erfahrung ni
übereinstimmt und demnach auch keine Theorie der Wi
darauf gestützt werden kann.

13) Die hier in genügender Vollständigkeit aufgeführ
Versuche zur Erklärung des Ursprungs der Winde geh
Grunde nicht weit über dasjenige hinaus, was Hadley[1] be
geleistet hat. Nach seiner Ansicht nehmen wir an, daſs d
die Erwärmung der Erde und der Luſt in der äquat
Zone die letztere aufsteigt, die zu beiden Seiten an sie gr
zende in den verdünnten Raum eindringt, wodurch ein
stetes Zuströmen der kalten Polarluſt zum Aequator und
Abflieſsen der erwärmten Luſt nach den Polen hin statt fi
muſs, daſs hieraus und aus dem Zurückbleiben der herzu
menden Luſt bei ihrem Eintritte in eine schneller rot
Zone der Erde oder ihrem Voreilen beim Anlangen in
langsamer rotirende in der heiſsen Zone die Passate, durch
liche Einflüsse aber die periodischen Winde entstehn, und
die veränderlichen in den gemäſsigten und kalten hiermit
in Verbindung stehn müssen, obgleich die eigentlichen
chen derselben durch zahlreiche örtliche Einflüsse minder
lich hervortreten. Immerhin fehlte es aber noch an einer
digen Nachweisung des Zusammenhanges der sämmtlichen
beiden Hemisphären herrschenden Winde jeder Art mit
allgemeinen Ursache, und namentlich war zwar die allg
Strömung der kalten Luſt gegen den Aequator und ein Ab
flieſsen der erhitzten von der heiſsen Zone nach den Po
bekannt, die eigentliche Weise dieser entgegengesetzten
mungen aber, namentlich ob sie über oder neben einander
finden, ob und wo beide wieder in einander fallen und
wiefern hierdurch Richtung und Stärke der veränderl
Winde bedingt werden, ob endlich bei diesen letzteren gl
falls eine gewisse Regelmäſsigkeit besteht oder ob sie
von zufälligen und örtlichen Bedingungen abhängen,
dieses blieb noch immer in Dunkel gehüllt. Erst in den n
sten Zeiten ist es den anhaltenden Bemühungen Dove's
lungen, hierüber genügendes Licht zu verbreiten und ein

1 Philos. Trans. T. XXXIX. p. 58.

begründete, mit den zahlreichsten Phänomenen auf beiden
isphären genau übereinstimmende Theorie der Winde auf-
llen. Weil aber diese mit dem von ihm gleichfalls defi-
bestätigten allgemeinen Drehungsgesetze der veränderli-
Winde der gemäſsigten Zonen im genauesten Zusammen-
steht, so ist es am zweckmäſsigsten, ihre Darlegung bis
(§. 71) zu versparen.

14) Aus dem bisher Mitgetheilten geht hervor, daſs die
inglich von Baco aufgestellte, durch Halley und haupt-
ch Hadley verbesserte Theorie der Winde bis auf die
ten Zeiten ohne wesentliche Veränderungen beibehalten
, denn bei weitem die meisten und gewiegtesten Physi-
etrachteten die Ausdehnung der Luft durch Wärme als
ursache dieser Luftbewegungen, und wenn es auch sehr
ag, die Verminderung der Masse derjenigen elastischen
gkeiten, welche unsere Atmosphäre bilden, durch Con-
ung des vorhandenen Wasserdampfes bei der Bildung der
meteore als eine Ursache der Luftbewegungen anzusehn,
diese gleichfalls wieder eine Wirkung der Wärme und
iemach mit jener Ursache zusammen. Die Axendrehung
Erde erschien diesemnach nur als eine die Richtung der
len Passatwinde veranlassende Bedingung. Zur Unter-
g dieser Behauptung wird es genügen, nur einige we-
utoritäten anzuführen. Dalton[1], welcher später[2] auf
gründung einer vollständigen Theorie der Winde An-
machte, ging nicht bedeutend weiter, als Hadley be-
kommen war, obgleich er allerdings bemerkt, daſs die
in der nördlichen Hemisphäre, die in Folge der vielen
en Bedingungen völlig regellos seyn könnten, dennoch
der Hauptrichtungen der oberen und unteren Luftmas-
gen, indem sie am einen Orte die Richtung zwischen N
am andern zwischen S und W annehmen, mit zufäl-
schen beiden liegenden Varietäten. G. G. Schmidt[3]
die Erklärung des Ursprungs der Winde unmittelbar an
ultate seiner Versuche über das Strömen erhitzter Luft

Meteorological observations and essays. Lond. 1793. 8.
Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LXVIII. p. 390. Poggendorff's
II. 315.
Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Giess. 1826. S. 217.

Digitized by Google

in Röhren. Joh. Tob. Mayer[1] giebt die Erwärmung der L durch die Sonnenstrahlen als einzige Ursache der Winde deren Richtung dann durch verschiedene anderweitige Be gungen modificirt wird. W. Brandes[2] beginnt seine ge reichen Bemerkungen über die Winde damit, daſs er „unter den zahlreichen Ursachen, welche das Gleichgewich „der Atmosphäre stören können und daher Winde her „bringen, ist eine Ungleichheit der Temperatur wohl die „fachste.“ Im Verfolge der Untersuchungen zeigt er dann, die Entstehung der Winde sich so leicht auf Ungleichh der Wärme zurückführen lasse. Nach Schübler[3] her völlige Windstille nur höchst selten in der Atmosphäre, Behauptung, die vollkommen richtig ist, wenn man bei Winde mindestens eine gewisse Geschwindigkeit der B gung voraussetzt, denn sonst dürfte eine absolute Ruh Luft, auch nur Minuten lang, nie statt finden. Alle schiedene Arten der Winde stehn nach ihm stets mit Vermehrung oder Verminderung der Elasticität der Luft i herer Beziehung, und die nächste Veranlassung hierzu die Temperaturveränderungen und Niederschläge in de mosphäre. Mit gewohnter Bestimmtheit und Schärfe sich Baumgartner[4] auch hierüber aus. Hiernach werd Bewegungen der Luft zunächst durch eine Aenderung Ausdehnung hervorgebracht, und diese höchst wahrsch fast immer durch die Temperatur erzeugt[5]. Durch Te turerhöhung an irgend einer Stelle wird die Luft ausg und verdünnt, dadurch ein Aufsteigen der leichtern säulen bewirkt, und dieses führt dann ein Zuströmen v Seite nothwendig herbei. Es entsteht demnach eine d Bewegung, ein Aufsteigen, ein Zuströmen zur erwärmten und ein Wegströmen von dieser in den oberen Re

1 Lehrbuch über die physische Astronomie, Theorie der E Meteorologie. Gött. 1805. S. 219.

2 Beiträge zur Witterungskunde. Leipz. 1820. S. 365.

3 Grundsätze der Meteorologie. Leipz. 1831. S. 23.

4 Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande u. Sechste Aufl. 1839. S. 711.

5 Auf diese Ursache führt auch Mitchell die Entsteh Winde zurück. S. Silliman Amer. Journ. T. XIX. Daraus in New Phil. Journ. N. XXII. p. 288.

Digitized by Google

peraturverminderung bewirkt das nämliche, nur in umge-
er Richtung. Die Sonne erzeugt durch ihre erwärmende
: unablässig solche Strömungen, und es sind daher jene
n der Erde, welche die gröſste Erwärmung erleiden, als
Ittelpuncte der Luftströmungen anzusehn. Diese Stellen
n wegen der Axendrehung der Erde in einem Parallelkreise
ie Erde herum und es muſs daher die Richtung der Strö-
m durch diese Ursache modificirt werden. So z. B. muſs
fsteigende Luft, da sie die der gröſseren Höhe entspre-
1 Geschwindigkeit der Umdrehung nicht hat, schief von
gen West aufsteigen, und der von Nord oder Süd kom-
Strom muſs, wenn er von einer gröſseren geographi-
Breite in einer kleineren anlangt, eine nordöstliche oder
liche Richtung annehmen. Bedürfte es noch einer wei-
Autorität, so würde es genügen, nur noch Kämtz[1] zu
1, welcher die Entstehung der Winde im Allgemeinen
n Einzelnen aus diesem einfachen Principe ableitet. Es
daher hier nur beiläufig erwähnt werden, daſs Lampa-
die Elektricität als eine Ursache, namentlich der Stürme,
tet. Er sagt hier aber: „wenn ein Gewitter sich, wie
n sagen pflegt, in Sturm auflöst, so ist das nichts an-
als daſs die elektrische Materie, welche bis dahin in
n übersprang, nun ausströmt und die Lufttheilchen
ch mit sich fortreiſst.“ Allein dieses ist eine bloſse, mit
erhalten der Elektricität überhaupt und namentlich der
ktricität nicht einmal übereinstimmende Voraussetzung.

) Die Erfahrung unterstützt sehr genügend die Hypo-
wonach die Ursache der Winde zunächst und haupt-
h in partieller Erwärmung einzelner Luftmassen zu su-
t. Wenn nicht schon beim Entstehen einer Feuersbrunst
as starker Wind weht, so erhebt sich derselbe während
Dauer und meistens mit zunehmender Stärke, auch ändert
eilen seine Richtung. Man miſst dieses meistens dem
bei, allein das Ereigniſs zeigt sich zu oft, als daſs man
berechtigt seyn könnte, und auſserdem erzählt W. C.
ld[3] einige Beispiele, wo durch das Verbrennen groſser

Meteorologie. Th. I. S. 138. 210. 278.
Schweigger's Journ. LXIX. 267.
Aus Silliman Am. Journ. T. XXXVI. p. 50 u. 71 in Edinburgh
hil. Journ. N. LIV. p. 369.

Maſsen von Holz bei der Ausrottung der
Wirbelwinde erzeugt wurden. An einem
hütung weiterer Verbreitung des Feuers g
windstillen Tage im Sommer 1824 lieſs I
gehäufte Maſse trocknen Holzes verbrennen
stiegen in Form eines mächtigen Kegels
Brausen bis zu bedeutender Entfernung, u
gewaltsamer Wirbelwind, welcher starke
Plätzen, wo das Feuer nicht brannte,
Luft fortführte und auſserhalb der Grenze
des wieder fallen lieſs. Theodor Dw
April 1783 ein ähnliches Feuer zu Stoc
menkegel, von einer weiten Basis ausge
150, ja 200 engl. Fuſs Höhe, die Rau
daſs das Auge ihr Ende nicht erreichen k
ten stark und erzeugten ein Getöse, welc
übertraf; dabei entstand ein so starker W
hauene Bäume von 6 bis 8 Zoll Durc
fortgerissen und zu 40 bis 50 Fuſs Höh
den. An einem warmen und windstillen
Akin das sämmtliche Holz, welches au
tenden Fläche abgeholzt war, in der Mi
zusammenbringen und an allen Seiten a
ergriff bald die ganze Maſse in Folge der
Mitte hinströmenden Luft, die Flamme er
zu einer bedeutenden Höhe, die Rauchsäu
das Auge ihr Ende nicht erreichen konnt
auf etliche engl. Meilen weit hörbare Ge
Donner bei Hagelwettern gleich, wurde
Explosionen unterbrochen; die erzeugte
war weit stärker, als sie sich bei Win
Bei dem groſsen Waldbrande, welcher i
Strecke von 140 engl. Meilen Länge und
Mirimachi in Neubraunschweig zerstörte,
einige Tage ruhig, es erhob sich dann ab
tiger Westwind, welcher dasselbe so schn
daſs die beiden Städte Douglass und New
zehrt wurden, wobei mehrere Menschen
kamen, ja selbst nicht schnell fliegende Vö
in den Flammen, in die sie getrieben w

Digitized by Google

200 Fuſs über die Spitzen der höchsten Bäume, und
Iöhe herab gesehn glich die Strecke einem wallenden
e, welches ein ohne Zweifel noch groſsartigeres Schau-
it, als der berühmte Brand von Moscau. Ein Pächter
re in Newyork versicherte mehrmals beim Verbren-
sgerotteten Bäume und Gesträuche Wirbelwinde be-
ı haben, die Holzstücke und Zweige hoch aufzuhe-
chten. Redfield selbst beobachtete einen entstehen-
lwind beim Verbrennen eines hölzernen Hauses, noch
ah dieses aber B. L. Hamlen im August 1838, als
n Holzschuppen des Yale-College zu Philadelphia
.

ll die Erwärmung der Luft durch die Sonnenstrah-
eigentliche, wenn gleich verschiedenen Modificatio-
orfene Ursache der Winde gelten, so wird vor allen
rdert, das Verhältniſs zwischen der durch diese Er-
zeugten Ausdehnung und der hierdurch bewirkten
ig aufzusuchen. Es ist dieses zwar bereits oben[1]
cht faſsliche Weise geschehn, und dadurch die Ge-
it der unter mittlerem atmosphärischem Drucke in
laum einströmenden Luft = 1210 und mit Rück-
n Feuchtigkeitsgehalt = 1215 Par. Fuſs in 1 Se-
rer Sonnenzeit gefunden, hieraus zugleich auch die
schwindigkeit erwärmter Luftsäulen, je nach dem
ihrer Temperatur und der der umgebenden Luft-
hnet worden; inzwischen verdient hier noch eine sehr
andlung dieses Problems mitgetheilt zu werden,
C. E. Schmidt[2] die Wissenschaft bereichert hat.

Pneumatik. Bd. VII. S. 593. Beiläufig möge hier be-
daſs Hutton in seinen Tracts cet. T. III. p. 195. dieses
einfach löst. Ist die Fallhöhe in 1 Sec. = g, die Höhe
, so ist

$$\sqrt{g} : \sqrt{H} = 32 : x.$$

$$H = 2,5 \times 13,6 \times 833\tfrac{1}{3}$$

$$\sqrt{16} : \sqrt{28333} = 16 : 1346$$

h der mathematischen und physischen Geographie. Gött.
. 332.

Das Urtheil dieses gewandten Mathematikers über das vo gende Problem ist ſolgendes: „die Theorie der Winde im „sammenhange mit den verschiedenen Barometerständen da „stellen ist eine sehr schwierige Sache, und es dürfte „jetzigen Zustande unserer analytischen Kenntnisse wohl „unmöglich seyn, eine vollständige Auflösung dieser A „aufzustellen; denn obgleich wir zwar aus den Principi „Hydrodynamik die Differentialgleichungen für die Bew „von Flüssigkeiten, sie mögen elastisch oder tropfbar „geben können, so sind wir doch nicht im Stande, a „Differentialen die endlichen Gröſsen herzuleiten, und da „wir in dieser Sache thun können, besteht darin, da „durch geschickte Voraussetzungen, die der Natur des G „standes so angemessen als möglich sind, uns die Re „erleichtern, um wenigstens genäherte Resultate zu e „die einigermaſsen uns Anleitung geben, wie wir den „menhang der Stärke des Windes mit dem Unterschi „Luftdrucks und der Barometerhöhe zu betrachten habe diesen Zweck zu erreichen, dienen die folgenden U chungen.

Fig. 201. 17) Man nehme eine Röhre ABDC, die bei A schlossen, bei BD offen und mit Luft angefüllt ist, aus dem offenen Ende ausflieſsen kann. In der Mitte liebig gestalteten Röhre befinde sich die centrische L und es mögen dann alle in einem auf diese Linie se Durchschnitte GHKL befindliche Lufttheilchen die Geschwindigkeit $= v$ haben. Hat dieser Durchschnitt e schwindende Dicke NM, so kann er als ein Element masse gelten. Ist dann die Dichtigkeit der in der B findlichen Luft $= g$, die Grundfläche des Durch HG $= y$, die Dicke MN desselben $= \partial s$, so ist enthaltene Luftmasse $\partial m = \varrho . y \partial s$. Bezeichnet p de druck auf eine als Einheit angenommene Fläche, und sichtigt man, daſs dieser der Fläche dann proportional ist der gegen die Fläche GH statt findende $= py$, im Allgemeinen eine Function des Bogens $EN = s$ wird der Druck auf die Fläche KL, da diese von gleich als HG angenommen werden kann, durch $\left(p + \frac{\partial p}{\partial s}\right.$ ausgedrückt. Der erste Druck findet in der Richtung

Digitized by Google

n der Richtung MN statt, und zieht man daher den rom ersten ab, so bleibt der Druck in der Richtung $- y.\frac{\partial p}{\partial s} = - y\partial p$ als die bewegende Kraft, welche ent in Bewegung setzt. Wird diese durch die Masse s Elements dividirt, so erhält man die bewegende $-\frac{\partial p}{\varrho\partial s}$, welches dem Differential der Geschwindigkeit, urch das Element der Zeit, oder $\frac{\partial v}{\partial t}$ gleich ist. Hier- lie Gleichung für die Bewegung:

$$-\partial p = \frac{\partial v}{\partial t}.\varrho\partial s. \quad .... \quad (1)$$

r die Geschwindigkeit v weggeschafft werden muſs, ruck p am Ende der Röhre BD zu finden. Wird nommen, die Luft habe in der ganze Röhre gleiche t, so läſst sich die Geschwindigkeit ihres Fortrückens eliebigen Stelle finden, wenn sie an einer bestimmten . Es sey daher OPDB das Element, welches zur uströmen strebt und in der Zeit t + ∂t ausgeströmt d OP in derselben Zeit nach BD gekommen seyn, ch KL; ferner sey zur Zeit t die Dichtigkeit $= \varrho$, + ∂t sey sie $= \varrho - \partial\varrho$, so muſs wegen der Gleich- iftmassen in den einzelnen Theilen und in der gan-

$$AHGC.\varrho = AKLC\,(\varrho - \partial\varrho),$$
$$AOPC.\varrho = ABDC\,(\varrho - \partial\varrho)$$

d man erhält

$$\frac{AOPC}{AHGC} = \frac{ABDC}{AKLC},$$

$$AOPC = AHGC + HKLG,$$
$$ABDC = AOPC + OBDP,$$

Gleichung

$$\frac{HKLG}{AHGC} = \frac{OBDP}{AOPC}, \quad .... \quad (2)$$

e Elemente an verschiedenen Stellen der Röhre wie hnen liegenden Volumina der Luft verhalten.

Ist dann ferner das veränderliche Volumen AHGC = der ganze Inhalt der Röhre = A (wofür mit Weglassung verschwindenden Elementes die Gröſse AOPC genommen w den kann), die Geschwindigkeit, womit das Element BD ausströmt, = u, der Querschnitt BD = n, so hat man

$$OBDP = QF.n = nu.\partial t,$$
$$HKLG = NM.y = yv.\partial t,$$

folglich, diese Werthe substituirt und ∂t weggelassen,

$$\frac{yv}{Y} = \frac{nu}{A} \text{ und } v = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y} . u \quad \ldots . \quad (3)$$

Durch Differentiation ergiebt sich:

$$\partial v = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y} . \partial u + \frac{n}{A} . u . \partial . \frac{Y}{y},$$
$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{n}{A} . u . \partial . \frac{Y}{y} \cdot \frac{1}{\partial t}.$$

Es ist aber $NM = \partial s = v \partial t$, also $\frac{1}{\partial t} = \frac{v}{\partial s}$, oder wen den Werth von v aus der Gleichung (3) substituirt,

$$\frac{1}{\partial t} = \frac{n}{A} \cdot \frac{Y}{y} \cdot \frac{u}{\partial s},$$

und es wird also, weil

$$\frac{Y}{y} \partial \left(\frac{Y}{y}\right) = \tfrac{1}{2} \partial . \left(\frac{Y}{y}\right)^2,$$
$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{n}{A} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \cdot \frac{Y}{y} + \frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{u^2}{2 \partial s} . \partial . \left(\frac{Y}{y}\right)^2.$$

Dieser Werth in die Gleichung (1) substituirt giebt:

$$\partial p = -\varrho . \frac{n}{A} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \cdot \frac{Y \partial s}{y} - \varrho \frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{u^2}{2} . \partial . \left(\frac{Y}{y}\right)^2$$

Um den Druck bis zu einem bestimmten Werthe von s halten, muſs man die Gleichung von s = 0 bis zu d stimmten Werthe von s integriren, und erhält also:

$$p = C - \varrho \frac{n}{A} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \cdot \int \frac{Y \partial s}{y} - \varrho \frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{u^2}{2} \cdot \left(\frac{Y}{y}\right)^2$$

weil die Gröſsen ϱ, $\frac{\partial u}{\partial t}$, u, die bloſs rücksichtlich d veränderlich sind, hier als beständig gelten können. stimmung der Constante sey p' der Druck, welcher d

Digitized by Google

it ϱ im Innern der Röhre entspricht, wonach $p = p'$, wenn 0 ist. Da ferner Y oder das Volumen $= \int y \partial s$ ist, so für einen sehr geringen Werth von s dieses Integral $= y s$, man hat

$$\int \frac{Y \partial s}{y} = \tfrac{1}{2} s^2;\ \left(\frac{Y}{y}\right)^2 = s^2.$$

Gröſsen werden $= 0$ für $s = 0$, folglich bleibt $p' = C$ an erhält

$$= \varrho \frac{n}{A} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \int \frac{Y \partial s}{y} + \varrho \frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{u^2}{2} \cdot \left(\frac{Y}{y}\right)^2 \ldots\ldots \quad (4)$$

as Integral, welches sich in jedem gegebenen Falle darläſst, sobald die Gestalt der Röhre bekannt ist, auf die Röhre ausgedehnt und durch B bezeichnet, so wird $Y = A$ $= n$, also

$$\frac{n^2}{A^2} \cdot \frac{Y^2}{y^2} = 1.$$

die Luft in einen Raum aus, welcher mit Luft von der keit $= \varrho^0$ und unter dem Drucke $= p^0$ erfüllt ist, so $p = p^0$; $Y = A$; $y = n$; $\int \frac{Y \partial s}{y} = B$, und man er-

$$p' - p^0 = \varrho \frac{nB}{A} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + \varrho \frac{u^2}{2}, \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

die Geschwindigkeit u der ausströmenden Luft als der Zeit t gefunden werden kann. Die Gröſsen p' lassen sich durch ϱ und ϱ^0 ausdrücken, wenn man ϱ und $p^0 = k \varrho^0$ bezeichnet, worin k eine beständige t. Hierdurch wird die vorhergehende Gleichung

$$(\varrho - \varrho^0) = \varrho \frac{nB}{A} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + \varrho \frac{u^2}{2} \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

e Gleichung zu integriren, muſs ϱ durch u und t auswerden. Ist aber ϱ die Dichtigkeit der ausströmenden Zeit t und $\varrho + \partial \varrho$ zur Zeit $t + \partial t$, so ist $A \varrho$ die e in der Röhre zur Zeit t, und $A(\varrho + \partial \varrho)$ zur Zeit der Unterschied $= - A \partial \varrho$ giebt die in der Zeit ∂t ene Luftmenge, und wenn u die Geschwindigkeit der nden Luftmasse bezeichnet, so ist jene $= \varrho n u \partial t$. ist

Digitized by Google

$$A\,\partial\varrho = -\varrho n u\,\partial t.$$

Es sey dann A^0 der Inhalt des Raumes, in welchem sich Luftmasse ausbreitet, ihre Dichtigkeit hierin zur Zeit t sey = so ist $A^0\varrho^0$ die in diesem Raume enthaltene Luftmasse. aber keine Luft entweichen kann, so ist die Summe de beiden Räumen enthaltenen Luftmassen $= A\varrho + A^0\varrho^0$ constante Gröſse, und wenn die mittlere Dichtigkeit beider einten Luftmassen durch Δ bezeichnet wird, so erhält m

$$A\varrho + A^0\varrho^0 = (A + A^0)\,\Delta,$$

worin Δ eine beständige Gröſse ist. Hieraus ergiebt sich

$$\varrho^0 = \frac{A + A^0}{A^0}\,\Delta - \frac{A}{A^0}\,\varrho.$$

Dieser Werth in die Gleichung (6) substituirt giebt

$$k\,\frac{A + A^0}{A^0}\,(\varrho - \Delta) = \varrho\left(\frac{nB}{A}\cdot\frac{du}{\partial t} + \frac{u^2}{2}\right).$$

Diese differentiirt und durch $\varrho\,\partial t$ dividirt giebt

$$k\,\frac{A + A^0}{A^0}\cdot\frac{\partial\varrho}{\varrho\,\partial t} = \frac{\partial\varrho}{\varrho\,\partial t}\left(\frac{nB}{A}\cdot\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u^2}{2}\right) + \frac{nB}{A}\cdot\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} +$$

Die Gleichung $A\,\partial\varrho = -\varrho n u\,\partial t$ giebt aber $\frac{\partial\varrho}{\varrho\,\partial t} = -$ wenn dieses substituirt und mit A multiplicirt wird, hält man

$$-k\,\frac{A + A^0}{A^0}\,u n = -u n\left(\frac{nB}{A}\cdot\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u^2}{2}\right) + nB\,\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} +$$

Multiplicirt man diese Gleichung mit ∂u, und setzt man

$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial w}{\partial t} = \frac{w\,\partial w}{\partial u}$, so erhält man

$$nB\,.\,w\,\partial w = u\,\partial u\left(\frac{n^2 B}{A}\,w + \frac{n u^2}{2}\right) - u\,\partial u\,.\,A w - k\,\frac{A + A^0}{A^0}$$

Setzt man ferner $\frac{u^2}{2} - k\,\frac{A + A^0}{A^0} = x$ und $\frac{n^2 B}{A} - A =$ wird $u\,\partial u = \partial x$ und

$$nB\,w\,\partial w = (E w + n x)\,dx \quad \ldots . \quad (7)$$

Denken wir uns dann ein prismatisches oder cylindrisch fäſs, aus dessen Grundfläche die Luft strömt und bei die centrische Linie die Axe bildet; bezeichnen wir an allen Stellen gleich groſsen Durchschnitte durch n, di der Axe durch l, so wird

$$\int y\partial s = Y = n s;\ A = n l;\ \int \frac{Y\partial s}{y} = \tfrac{1}{2} l^2 = B.$$

rch verwandelt sich der eben gefundene Werth von $-\frac{1}{2} n l$, und dieser Werth in die Gleichung (7) substi-
iebt

$$\tfrac{1}{2} l^2 w \partial w = (x - \tfrac{1}{2} l w)\ \partial x.$$

wir $2x + l w = \xi$; $x - l w = \xi'$, und substituiren wir
raus sich ergebenden Werthe in die vorige Gleichung,
d

$$\xi \partial \xi' + 2 \xi' \partial \xi = 0.$$

licirt man diese Gleichung mit ξ, so erhält man ein voll-
es Differential $\partial . \xi^2 \xi'$, dessen Integral

$$\xi^2 \xi' = c^3$$

wo c^3 die vollständige Constante ist. Setzt man für
ξ' ihre Werthe, so erhält man

$$(2x + l w)^2 (x - l w) = c^3. \quad \ldots . \quad (8)$$

ı A den inneren und A^0 den äuſseren Raum bezeichnet,
l unter der Voraussetzung, daſs A^0 gegen A sehr groſs
$\frac{.+A^0}{A^0}$ sehr nahe $= 1$. Wir dürfen ferner annehmen,
: Dichtigkeit der äuſseren Luft ϱ^0 constant sey, und es
nn der oben angenommene Ausdruck für x in folgen-
r:

$$x = - k + \tfrac{1}{2} u^2.$$

r im Anfange der Zeit t die Geschwindigkeit der aus-
den Luft $u = 0$ ist, so wird $x = - k$, und es sey
her Zeit $w = w'$. Dieser Werth in die Gleichung (8)
irt giebt

$$(- 2 k + l w)^2 . (- k - l w') = c^3.$$

ı Geschwindigkeit, welche die ausströmende Luft ver-
les Unterschiedes der Dichtigkeit annimmt, immer sehr
leibt, so wird u^2 gegen k eine sehr kleine Gröſse seyn.
nan daher $u^2 = 2 \mu k$, so können die höheren Potenzen
vernachlässigt werden, und es ist

$$x = - k + \tfrac{1}{2} u^2 = - k (1 - \mu).$$

Werth von x in die Gleichung (8) substituirt, die
n Potenzen von μ weggelassen, erhält man

$$' + 12 k^3 \mu + 3 k l^2 w^2 - 3 k \mu l^2 w^2 - l^3 w^3 = c^3 \quad \ldots . \quad (9)$$

Für den Anfang der Bewegung ist u = 0, also auch μ =
und da dann w = w' seyn soll, so erhält man

$$c^3 = -4k^3 + 3kl^2w'^2 - l^3w'^3.$$

Die Gleichung (6) zeigt ferner, daſs, wenn ϱ' den Werth w
zu Anfang der Bewegung bezeichnet, der Werth von $\frac{\partial u}{\partial t}$ =
zu derselben Zeit durch die Gleichung

$$k(\varrho'-\varrho^0) = \varrho' . \frac{nB}{A} w'$$

ausgedrückt wird, weil dann u = 0 ist. In unserem Fall
$\frac{nB}{A} = \frac{1}{2}$, also

$$lw' = 2k\frac{\varrho'-\varrho^0}{\varrho'},$$

und da $\frac{\varrho'-\varrho^0}{\varrho'}$ ein kleiner Bruch ist, dessen höhere Po
vernachlässigt werden können, so wird, wenn wir des
durch α bezeichnen,

$$c^3 = -4k + 12k^3\alpha^2.$$

Der Analogie gemäſs können wir $lw = 2k\delta$ setzen,
im Allgemeinen noch kleiner als α und eine verän
Gröſse ist, und dann verwandelt sich die Gleichung
Weglassung des Cubus von δ in

$$-4k^3+12k^3\mu+12k^3\delta^2-12k^3\mu\delta^2 = c^3,$$

und wenn wir hierin den eben gefundenen Werth von
stituiren, so kommt

$$\mu+\delta^2-\mu\delta^2=\alpha^2.$$

Bleibt hierin das Glied $\mu\delta^2$ wegen seiner Kleinheit weg,

$$\delta = \sqrt{(\alpha^2-\mu)}.$$

Es war aber $u^2 = 2\mu k$, also $u = \sqrt{2\mu k}$ und $\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial \mu}{\partial t}$
folglich

$$lw = l\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial\mu}{\partial t}.l\sqrt{\frac{k}{2\mu}},$$

und da $lw = 2k\delta$ ist,

$$\delta = \frac{\partial\mu}{\partial t}\cdot\frac{1}{2k}\sqrt{\frac{k}{2\mu}}.$$

Setzt man diesen Werth in die obere Gleichung für δ,

$$\frac{\partial\mu}{\partial t}\cdot\frac{1}{2k}\sqrt{\frac{k}{2\mu}} = \sqrt{(\alpha^2-\mu)},$$

Digitized by Google

hieraus

$$\partial t . \frac{2\sqrt{2k}}{l} = \frac{\partial \mu}{\sqrt{(a^2 \mu - \mu^2)}}.$$

Gleichung integrirt giebt

$$t \frac{2\sqrt{2k}}{l} = \text{Arc.} \left(\text{Sin.} = \frac{\mu}{a^2}\right),$$

eine Constante nöthig ist, da für $\mu = 0$ auch $t = 0$ wird.
t man auf beiden Seiten den Sinus, so giebt dieses

$$\mu = a^2 \text{Sin.} t \frac{\sqrt{2k}}{l},$$

$\mu = \frac{u^2}{2k}$, $a = \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho^0}$ ist,

$$u = \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho^0} \sqrt{2k \text{Sin.} t \frac{\sqrt{2k}}{l}}.$$

laximum für diesen Ausdruck findet dann statt, oder die windigkeit wird dann am gröſsten, wenn der Sinus $= 1$ d hierfür wird also

$$u = \frac{\varrho' - \varrho^0}{\varrho^0} \sqrt{2k} \quad \ldots \quad (10)$$

or nimmt das specifische Gewicht des Quecksilbers gegen beide bei $0°$ C., gleich $10506 : 1$ an, und hiernach be- e Höhe der Atmosphäre bei überall gleicher Dichtigkeit Zoll oder $2\frac{1}{3}$ Fuſs Barometerhöhe $2\frac{1}{3} \times 10506 = 24514$ ſs. Hiernach ist also $k = 24514 . g$ Par. Fuſs, und wenn 11 Par. Fuſs angenommen wird, so ist $\sqrt{2k} = 1215$ Par. dieselbe Gröſse, welche oben[1] auf einem anderen Wege lls gefunden worden ist.

) Wird die Dichtigkeit der Luft bloſs durch den Baro- and bestimmt, so kann man in der Formel (10) statt ϱ ie Barometerhöhe $= p$ substituiren, und erhält in die- lle

$$u' = \frac{p' - p^0}{p^0} 1512 \text{ Par. Fuſs.}$$

also die Barometerstände an zwei Orten 336 und 324 inien, so würde dieses einer Geschwindigkeit von 45 Fuſs ec. zugehören; kommt aber der Einfluſs der ungleichen

---

1 S. Art. *Pneumatik*. Bd. VII. S. 593.

Digitized by Google

Wärme hinzu, so wächst die Gsschwindigkeit bedeutend. N
Kämtz beträgt daher für die genannten Barometerstände, w
dem höheren eine Wärme von 0°, dem niedrigern von 10°
zugehört, und diesem gemäſs die Werthe von ϱ' und $\varrho°$
stimmt werden,

$$u' = \frac{336 - 312}{312} \cdot 1215 = 93 \text{ Fuſs},$$

woraus zugleich folgt, daſs auch bei gleichen Barometerstä
aber ungleicher Temperatur, ein Wind entstehen kann, wa
aus den angegebenen pneumatischen Gesetzen von selbst f
Für den angenommenen Temperatur-Unterschied würde, ϱ'
gesetzt, $\varrho° = 0{,}96$ werden und die Formel eine Geschwi
keit von 28 Fuſs geben.

Es lieſse sich hier noch die Betrachtung des neue
durch Dove aufgefundenen *allgemeinen Drehungsgesetz*
Winde anreihen, da dasselbe sich aber nicht sowohl au
Entstehung, als vielmehr auf ihre Richtung bezieht, so ve
ich diese Untersuchung bis weiter unten.

B. Verschiedene Arten der Winde.

Man kann, wie dieses durch Kämtz geschehen ist
Winde in regelmäſsige und unregelmäſsige abtheilen,
scheint mir kein genügender Grund vorhanden zu seyn, v
älteren Abtheilung abzuweichen, wonach man den bestä
Passatwind, die periodischen Winde und die veränder
unterscheidet. Es werden hier einige allgemeine Bemerk
über die verschiedenen Arten der Winde genügen.

19) a) Die *Passatwinde* (vents alizés; *trade*
konnten den Alten wegen ihrer beschränkten Schiffſahrt nic
kannt seyn. Bekanntlich aber litt Columbus bedeutend
dieselben bei seiner ersten Rückkehr von Westindien
Europa, und seitdem sind sie durch die zahlreichen Se
viel beobachtet worden, Halley aber gab von ihnen die
mitgetheilte Erklärung. Es ist dieses der beständige Ostwi
äquatorischen Zone, welcher sich jedoch nicht genau in
Grenzen hält, sondern im Ganzen zwischen 5° bis 30°
und 1° bis 25° S. B. wehet, was wohl als eine Folg
Gestalt der Erdoberfläche zu betrachten ist, die auf der s
lichen Halbkugel eine ungleich gröſsere Ländermasse

Digitized by Google

t[1]. Absolute Regelmäſsigkeit und stete gleichmäſsige Be-
ſchaffenheit dieses Windes könnte nur dann statt finden, wenn
Erde überall mit Wasser bedeckt wäre und die Sonne ihre
ination nicht änderte; unter den wirklich vorhandenen Be-
ngen aber muſs derselbe vielfache Abweichungen von der
einen Regel zeigen. Genau mit der Theorie überein-
end ist die Erfahrung, daſs der Passatwind an seinen
en auf der nördlichen Halbkugel eine nordöstliche, auf
ädlichen eine südöstliche Richtung annimmt und unter
Aequator selbst, wo beide Polarströme zusammenstoſsen
die erhitzte Luft stark aufwärts strömt, fast in Windstille
ht; auch folgt hieraus unmittelbar, daſs die oben wieder
ende Luft aus gleichen, aber entgegengesetzt wirkenden
en auf der nördlichen Halbkugel eine südwestliche, auf
ädlichen eine nordwestliche Richtung annehmen müsse[2],
nur auf sehr groſsen Meeren findet man die hieraus her-
ende regelmäſsige Luftbewegung, die über kleineren
rflächen und noch mehr über dem Lande mannigfaltig
ürt wird.

us dem Gesagten folgt, daſs wir zwei Passate, den
lichen auf der nördlichen und den südöstlichen auf der
en Halbkugel, haben müssen, zwischen beiden aber liegt
one, wo oft Windstille herrscht (*region des calmes*), die
tigen Orkanen, hauptsächlich den *Tornados* oder *Tro-*
der Spanier, abwechselt. Die Grenzen der Passate und
ischen ihnen liegenden Zone der Windstillen würden
ts gleich bleiben, wenn die Sonne sich stets im Aequa-
egte, allein wegen ihrer veränderlichen Declination
sich auch jene, und die Seefahrer treffen daher die
in den verschiedenen Jahreszeiten unter ungleichen
hen und südlichen Breiten, wobei noch auſserdem zu
ichtigen ist, daſs eine gewisse Zeit erfordert wird, bis
nderung der Sonnen-Declination eine Verrückung der
n der Passate nach sich zieht; die absolute Gröſse dieser
ckungen schätzt Kämtz[3] im groſsen Ocean zu 3 bis 4
af jeder Seite, über anderen Meeren sind sie ungleich be-

Genauere Bestimmungen hierüber werden im Abschn. E, *geograph.*
ng der Winde, mitgetheilt werden.

Vergl. Daniell Meteorol. Essays. p. 102.

Meteorologie. Th. I. S. 180.

deutender, wie später gezeigt werden soll. Der Natur Sache nach müssen die Passate in der Mitte zwischen äuſsersten Grenzen hinsichtlich ihrer Richtung und Stärke regelmäſsigsten seyn, und die Schiffer suchen daher na im atlantischen Ocean auf den Reisen nach America bald Gegend zu erreichen, weswegen sie von Madeira aus steuern, um in den Theil des Meeres zu gelangen, welchen Spanier wegen der Leichtigkeit der Schifffahrt den Golf Damen (*Golfo de las Damas*) nennen, und wo wegen fast gleichbleibender Temperatur in der Regel ohne Un brechung heiterer Himmel herrscht. Unter die vorzüg Hindernisse der regelmäſsigen Passate gehören die Küsten dem einfachen Grunde, weil diese auf die Temperatur bedeutenden Einfluſs haben, was schon Musschenbroek führlich erläutert hat. Unmittelbar an den Küsten selbst die Passate nicht, weil daselbst die See- und Landwinde schen, vielmehr treten sie erst in ungleicher Entfernung denselben ein. So trifft man sie unter andern an der Ost Africa's schon 15 Meilen, an der Westküste America's Mexico erst 50 Meilen, bei Peru aber erst 100 Meilen derselben an, und an der Westküste Südafrica's soll sogar vom Vorgebirge der guten Hoffnung nach dem Palmen-C zogene Linie ungefähr die Ostgrenze des Passats bezeich Im groſsen Ocean endlich sind sie am regelmäſsigsten, w auf einer langen Strecke durch keine gröſsern Länder modificirt werden. Ausgedehnte Ebenen und Küsten, diese letzteren obendrein eine den Passaten parallele R haben oder einen nicht groſsen Winkel mit ihnen bil einen bleibenden Einfluſs auf dieselben aus, weil sich d peratur über den am Meere gelegenen Küsten in den v denen Jahreszeiten nur wenig und nur langsam ändert.

20) Wir haben bisher die Hauptursachen der W Allgemeinen und der Passate im Besondern, nämlich U heit der Temperatur und Axendrehung der Erde, in ih fachsten Gestalt betrachtet, und es unterliegt keinem Z daſs diese wirklich als solche gelten dürfen; zugleich ab es in der Natur der Sache, daſs noch eine Menge and

1 Introd. ad phil. nat. T. II. §. 2558.
2 Kämtz Meteorologie. Th. I. S. 207.

render Bedingungen hinzukommen, die einen sehr bedeu-
n Einfluſs ausüben, weswegen es für einzelne gegebene nicht selten sehr schwer und fast unmöglich ist, die s entstehenden Anomalieen zu entwirren und die Er- ungen naturgemäſs zu erklären. Vorzüglich haben Do- Untersuchungen Licht über dieses dunkle Problem ver- . Denken wir uns die Sonne im Aequator und die ihren chten Strahlen ausgesetzten Luftmassen erwärmt, wodurch ſsteigen und den seitwärts in sie einströmenden Platz n, so entsteht hieraus auf der einen Seite der NO.-, auf dern der SO.-Passat. Da, wo beide zusammenstoſsen, Windstille, mit Stürmen abwechselnd, entstehn, welches mit dem Verhalten einer Lichtflamme vergleicht, nach r von allen Seiten her die Luft hinströmt. Hieraus ent- on selbst eine äuſsere und eine innere Grenze der beiden mit einem Zwischenraume, welchen die Seefahrer die d der *Windstillen* oder der *veränderlichen Winde* nen- Wären keine sonstigen Einflüsse hierbei wirksam, so diese Zone stets von gleicher Breite und rücksichtlich Ortes unveränderlich seyn; der Erfahrung nach wechseln ide, und es lassen sich auch die Ursachen auffinden, en daselbst nicht bloſs Windstillen, was am einfachsten sondern auch veränderliche, der Richtung nach den sogar entgegengesetzte, Winde wehen, so wie sich minder auch diejenigen Bedingungen leicht darbieten, bewirken, daſs die Breite dieser Zone gleichfalls wechselt) Die erste und wesentlichste mitwirkende Ursache liegt veränderlichen Declination der Sonne, wodurch die Zone ksten Hitze jährlich einmal nördlich und einmal südlich zweimal aber mit dem Aequator zusammenfällt. Hier- llt die Zone der Windstillen zur Zeit des Sommer- ms in den Wendekreis des Krebses und geht dann zum reise des Steinbocks wieder zurück, wobei im ersten Falle mungen des SO.-Passates bis über den Aequator hinaus gen, im letzteren aber die des NO.-Passates bis zur süd- lalbkugel gelangen. Hierbei bietet indeſs die Zeitdauer, is zum Eintritt der stärksten Erwärmung erfordert wird, s Hinderniſs dar, wozu noch kommt, daſs die Räume, in

oggendorff's Ann. Th. XXI. S. 177 ff.

Digitized by Google

welche die strömenden Luftmassen gelangen, wegen der Ku
gestalt der Erde stets kleiner werden, wenn die Strömung v
Aequator nach den Polen hin statt findet, dagegen aber im u
gekehrten Falle sich stets vergröſsern. Auſserdem muſs
die einmal statt findende Bewegung der Passate den nör
oder südlich fortrückenden Luftmassen ein Hinderniſs entge
stellen. Endlich kann die Zone der Windstillen nicht
dem astronomischen Aequator zusammenfallen, sondern viel
mit einem *thermischen*, welcher im Allgemeinen nö
vom Aequator liegen[1], zugleich aber durch den Einfl
Landes bedeutende Einbiegungen erhalten muſs. So w
unter andern die ausgedehnten Ebenen Africa's anziehend
ken, die Hochgebirge Südamerica's aber abstoſsend, u
nähert sich daher aus beiden zusammenwirkenden Um
über diesem Theile der Erde dem Nordpole, indem der E
der Jahreszeiten hierdurch zugleich vermindert wird. Als
gleichfalls bedingenden Umstand betrachtet Dove die u
Gröſse der Parallele, in welche die NO.- und SO.-P
gelangen, wenn sie den Aequator überschreiten, indem m
Abnahme dieser Parallele auch die Rotationsgeschwin
kleiner wird und somit die Richtung des Südost-Pass
eine südwestliche, des nordöstlichen aber in eine nordw
übergehn muſs. Inzwischen ist, die Länge eines Gra
Aequator zu 15 Meilen angenommen[2], die des P
unter 23° Breite = 13,802, der Unterschied beider
daher nur nahe 0,08 und kann daher auf die erlangte Rot
geschwindigkeit keinen bedeutenden Einfluſs ausübe
allem diesem geht hervor, daſs durch die angegebenen U
auſser den beständigen Winden auch periodische e
müssen, die zwar mit den Passaten zusammenfallen, ab
noch eine besondere Betrachtung verdienen.

22) b) Zu den *periodischen Winden* gehören vo
weise die *Moussons* oder *Monsoons* der Engländer, w
welche einen Theil des Jahres anhaltend nach einer,

---

1 Aepinus in Cogitationes de distributione caloris per tellur
das Wärmeverhältniſs der beiden Halbkugeln wie 14:13, Par
Journ. de Phys. 1791, Gren's Journ. d. Phys. Th. VII. S. 83, w
und hiernach soll die innere Grenze des NO.-Passates in 4° N. B.
daselbst aber mit dem SO.-Passate zusammentreffen.

2 Vergl. Art. *Erde*. Bd. III. S. 935.

Digitized by Google

nach einer verschiedenen, zuweilen entgegengesetzten,
g wehen, in den Zwischenzeiten aber mit Windstillen
irmen abwechseln. Nach Forrest[1], Capper[2] und An-
ommt diese Benennung vom malayischen Worte *Mussin*,
t, her, nach Marsden[4] bezeichnet das Wort *Musim*
ie Griechen nannten auf gleiche Weise die auf dem
dischen Meere herrschenden Winde *Etesien*, von ἔτος
t, eigentlich ἐτήσιοι βορέαι, die in den Hundstagen
n Nordwinde, welche die Hitze abkühlten[5], doch be-
Arrian[6] dadurch auch den NO.-Passat an der Süd-
iens. Kämtz[7] bemerkt, daſs die Griechen zur Zeit
ers's die indischen Moussons nicht wohl kennen konn-
Nearchus vom Indus bis zum persischen Meerbusen
werliche Küstenfahrt machte. Später fuhr Hippalus
pten nach Indien mit Benutzung dieses Windes, wel-
i nach seinem Namen genannt wurde[8]. Nach den ge-
ntersuchungen, welche Ideler[9] über die Meteorologie
angestellt hat, scheinen ihnen die periodischen Winde
orischen Zone gänzlich unbekannt gewesen zu seyn.
ler Beziehung auf die Moussons wären diese vielleicht
achtet geblieben, wenn sie sich nicht im indischen
hervorstechend charakteristisch zeigten. Uebrigens
ie auf dem mittelländischen Meere herrschenden Nord-
glich als den Passaten zugehörig betrachtet werden,
durch das Eindringen der kalten Nordluft in die
üdliche entstehn, nach Dénon[10] in den Sommer-
nhaltend herrschen und mit Stürmen wechseln. Sie
sich nach Olivier[11] bis zum Archipelagus und

Monsoons. p. 95.
the Winds and Monsoons. Lond. 1801. Vergl. Bibl. Brit.
. 318.
ttenberg zu Erxleben's Naturl. §. 717.
ory of Sumatra. p. 15.
toteles Problem. L. XXVI. p. 2. Herodot L. II. c. 20.
. L. VI. c. 23.
eorol. Th. I. S. 167. Nach Robertson history of Scotland
al disquisition concerning ancient India. Frankf. 1828. p. 529.
plus mar. eryth. p. 32. Plin. H. N. L. VI. c. 23.
eorologia veterum Graecorum et Romanorum. Berol. 1832.
age. p. 12.
quie. T. II. p. 294.

Digitized by Google

sind auch auf Creta die herrschenden, wo im November, D
cember und Januar fast ohne Unterbrechung Südwinde we

23) Aus dem, was über die Passate gesagt worden ist,
von selbst hervor, daſs der durch den Unterschied der Sonne
veranlaſste Wechsel ihrer Grenzen in Verbindung mit a
localen Ursachen im Stande sey, die regelmäſsigen periodi
Winde zu erzeugen. Ueberhaupt lassen sich nach Dov
Beziehung auf diese Winde folgende Resultate erwarten
Gemäſsheit der stets zur Erzeugung der Winde wirkende
sachen erhalten wir zuerst die *Gegend der Windstillen* zw
beiden Passaten, mit den stärksten tropischen Regen,
zwei sich an einander schlieſsende Regenzeiten herrsche
der Ostwind als Folge beider Passate noch kenntlich
An diese grenzen zweitens die beiden *Passatzonen*, mit
dauernden Passaten, welche letztere mehr zur östlichen
tung übergehn, wenn die Sonne höher steht, in welchen
dann zugleich Niederschläge erfolgen. An den äuſseren
zen beider liegen drittens die subtropischen Zonen, mit W
regen in Folge der herabkommenden Westwinde u
trockner Witterung, wenn sich im Sommer die Passate
ihnen erstrecken. Die Lage dieser drei Zonen wird durc
thermischen Aequator bedingt. Die erste derselben is
schmal und zeigt sich völlig ungestört vielleicht nirgend
zweite erstreckt sich auf der nördlichen Halbkugel übe
atlantischen Oceane vom 15ten bis 24sten Grade N. B.
dem Ineinandergreifen der Gegenden der Windstillen u
Zonen constanter Passate leitet Dove zwei Classen vo
den ab, zuerst die der intermittirenden, wenn ein P
Jahre mit der Zeit der Windstillen wechselt, also ein
stante Windrichtung einige Zeit ohne entgegengesetzten
unterbrochen wird und dann die Zeit der Wolken u
Regens giebt, wie v. Humboldt dieses beschrieben hat[3],
zweitens die intermittirenden, wenn beide Passate mit ei
wechseln. Diese Erscheinung zeigt sich am reinsten b
indischen Moussons, minder bestimmt bei den Westmo
unter der Linie im atlantischen Meere. Durch die

---

1 Sieber Creta. Th. II. S. 31.
2 Poggendorff's Ann. Th. XXI. S. 192.
3 Ann. de Chim. et Phys. T. VIII. p. 179.

...n's wird der NO.-Passat so weit nördlich gerückt, daſs ...r dem Aequator vom Juni bis September Regen bringende ...- und WSW.-Winde bis zu den capverdischen Inseln ...ben.

...) c) Zu den beständigen Winden gehören ferner die ...- und *See-Winde*, schwache Winde, welche von den ...en *Brisen* (brise; *breeze*) genannt werden. Die Ent-...g derselben folgt unmittelbar aus dem als allgemein auf-...ten Grundsatze. Bei Tage wird die Luft über den Küsten ...stlandes und vorzüglich der Inseln stark erwärmt, steigt ...n die Höhe und die kältere über dem Meere dringt in ...ein; bei Tage wehet also der Wind dem Lande zu, ...t Seewind. Während der Nacht findet das Gegentheil ...e Luft über dem Meere kühlt sich weniger ab, die vom ...dringt in sie ein und es entsteht Landwind; zwischen ...Wechseln aber tritt Windstille ein. Dieser periodische ...zeigt sich an allen Küsten, wenn nicht starke herrschende ...sein Entstehen hindern, denn er ist nur schwach, dringt ...eit in das Land ein und entfernt sich gleichfalls nicht ...n den Küsten. Sowohl der eine als auch der andere ...anfangs schwach beginnen und erst später ihre gröſste ...reichen, die aber, nach der oben (§. 18) angegebenen ...berechnet, überhaupt nicht sehr bedeutend seyn kann. ...len vorzugsweise in den heiſseren Gegenden gefunden, ...Unterschied der Temperaturen am gröſsten ist und zu-...eine starken Winde herrschen. Marsden[1] beobachtete ...er Insel Sumatra, Semeyns[2] zu Batavia, Le Gentil[3] ...chery, nach Caldcleugh[4] fängt der Landwind zu ...iro erst spät Abends, zuweilen sogar nach Mitternacht ...dauert bis Morgens 8 Uhr, nach Koster[5] aber wehet ...mbuco von 9 Uhr Morgens bis Mitternacht der See-...welcher die Hitze sehr mildert; während der übrigen ...acht Landwind und zwischen beiden tritt Windstille ...bei die Hitze am gröſsten ist, verschiedener anderer

...istory of Sumatra. p. 18.
...erhandelingen uitg. door de Hollandse Matschappy to Haarlem. ...15.
...oyage. T. I. p. 480.
...eisen im Südmeere. Weim. 1816. S. 15.
...eise in Brasilien. Weim. 1817. S. 20.

Eeeeee

Nachrichten nicht zu gedenken[1]. Vorzugsweise findet diese Winde in vollkommen regelmäſsigem Wechsel demjenigen Striche der äquatorischen Zone, wo zugleich W stillen oder schwache Passate herrschen, doch zeigen sie auch zuweilen unter mittleren Breiten. Unter Andern fand SIEBER[2] auf Creta, SEIGNETTE[3] zu Marseille, und BEA weiset nach, daſs er sich an vielen Orten Italiens findet. hat bei heiterem Wetter fast an allen Tagen Morgens wind, Mittags und Abends Südwind, wobei der nördliche weilen bis Mittag dauert, zuweilen sich schon des Abends der zeigt, Mittags aber südlich und westlich, zuweilen südöstlich wird. Minder häufig trifft man diesen regelm Wechsel zu Bologna, nämlich am Morgen West, Mittags Abends Ost, und ebenso geben die Beobachtungen für Morgens Nordwind, Mittags und Abends Süd- und We als vorherrschend. Selbst unter höheren Breiten finde Spuren derselben, wie z. B. REYGER sie zu Danzig wa und *Unterwinde* nennt, weil sie bloſs den unteren Luft ten zugehören, ja sogar an Grönlands Ostküste glaubt RESBY[5] einen solchen Wechsel anzutreffen.

25) Einige minder bekannte Thatsachen hat KÄMT sammengestellt, um zu zeigen, daſs durch ungleiche mung der Luft das Einströmen der kälteren Massen wärmeren allezeit statt finden und sich durch die Rich entstandenen Winde zeigen müsse, wenn nicht aus meistens entfernteren, Ursachen die Luft bereits in ein Bewegung gesetzt ist, so daſs partiell mit geringer wirkende diese nicht überwinden können. Die einfach her gehörige Erscheinung zeigt sich nach meiner Ans mittleren Breiten sehr häufig, indem man an sehr heiſsen und bei ruhiger Luft an den Seiten dicht bewachsener einen aus diesen mit gröſserer oder geringerer, aller bemerkbarer, Geschwindigkeit sich bewegenden Wind w nehmen pflegt; eine Umkehrung dieser Richtung währ

---

1 Vergl. ROMME Tableaux des Vents cet.
2 Reise nach Creta. Th. II. S. 30.
3 Ephemer. Soc. Met. Palat. 1782. p. 501.
4 Beiträge zur Witterungskunde. S. 135.
5 Reise auf d. Wallfischfang. S. 247.
6 Meteorologie. Th. I. S. 171 u. 210.

Digitized by Google

ht habe ich nie wahrgenommen, und dieses ist auch der r der Sache nach nicht wohl möglich. Leichter wird ein tlicher Wechsel an den Ufern groſser Landseen wahrgemen, und wirklich geschah dieses durch von HALLER [1] bei den eizerseen, durch ELLICOT [2] zu Presqu'ile am Erie-See, MARTENS [3] auf dem Gardasee und durch SCHÜBLER [4] auf Bodensee. Von den beeiseten Spitzen hoher Berge und ühlen Thälern sinken anhaltend oder periodisch die kalten ssen herab, wenn nicht stärkere, ihnen entgegengesetzte ngen die anfänglich schwachen, in ihrem Fortgange stärrdenden, Bewegungen hindern. KÄMTZ setzt hiermit stand in Verbindung, daſs die Alten häufig die Gebirge Sitz der Winde betrachteten. Ein auffallendes Beispiel der hier (in Heidelberg) herrschende, genau beobachtete wind, welcher dadurch entsteht, daſs aus den verhältniſstiefeingeschnittenen, durch Quellen stets kühl gehaltenen, rpendiculär gegen den Neckar hinlaufenden, Thälern die ft zum Flusse hin herabströmt und wie bei den Passaten it dem Flusse zusammenfallende östliche Richtung andie sich beim Austritte aus dem Thale in eine nordliche verwandelt. An Abenden nach heiteren und wind-Tagen ist die Luftbewegung so stark, daſs sie am Ausler Thäler unangenehm wird und ihrer Kälte wegen en werden muſs, was sich daraus erklären läſst, daſs e der durch die Sonnenstrahlen über den Thälern erufſteigende Luftstrom das Herabflieſsen hindert, was tfernung dieser Ursache sofort beginnt. Wird der östliche, später nordöstliche Wind durch die allgeuftströmung unterstützt, so erreicht er eine solche daſs er die Biegung der Obstbäume bedingt, welche n entgegengesetzt gerichtet ist, die man in der Umieses speciellen Striches gewahrt. Aehnliche periodische findet man an einigen Stellen des Rheins, allgemeiner d minder örtlich bedingt ist der heftige Nordwind, bei Windstille während der Nacht bloſs am Tage in der nischen Ebene zwischen Bir und Orſa nach BUCKING-

ov. Comm. Soc. Gott. T. I. p. 30.
. XXXII. 324.
ertha. 1829. Febr.
bendaselbst.

HAM's[1] Erzählung weht und von dem mit Schnee bedeck
Rücken des Taurus herabkommt. Wie v. HUMBOLDT[2] beri
tet, weht im Thale des Amazonenstromes jeden Tag,
Stunden nachdem die Sonne durch den Meridian gegangen
ein periodischer Wind von bedeutender Stärke, so da
bisweilen in Sturm ausartet. Er soll eine Folge des Pa
seyn, welcher durch die Richtung des Stromes und ör
Bedingungen modificirt wird.

26) d) Es läſst sich hier noch eine eigenthümliche C
von Winden anreihen, deren Ursprung aus ungleicher
mung der Luft leicht erklärlich ist. Hauptsächlich in D
land, sowohl dem nördlichen, als auch dem südlichen,
seltener schon im März, häufiger im April und nicht
selten im Mai eine Periode ein, während welcher es bei
meistens heiter ist, bei Tage aber einzelne dicke Wolken
ziemlich schnell am Himmel bewegen. Ist die Sonne fr
erwärmt sie stark, die Temperatur ist mild, mitunter
und es herrscht Windstille oder man fühlt kaum me
Luftbewegung; wird aber die Sonne durch eine der
Wolken auf längere oder kürzere Zeit bedeckt, so versp
augenblicklich empfindliche Kälte und einen stärkeren,
weilen sehr merklichen Wind. Beide Erscheinungen
schwinden, nachdem die Sonne wieder frei geworden ist.
sen durch partielle Abkühlung entstehenden Wind e
schon LA HIRE[3], läſst aber die wärmere Luft an der F
den abgekühlten Raum einströmen, BRANDES[4] dagegen
an, die durch den Schatten der Wolke abgekühlte L
rücke in Folge der gewöhnlich etwas schnell fortsch
Wolke weiter und erzeugte hierdurch den Wind. Na
Ansicht liegt die Ursache der Luftbewegung in der Zus
ziehung der Luftmasse in Folge der Abkühlung, wesw
wärmere und daher elastischere in den verdünnteren Rau
dringen soll, nach dieser dagegen bewegt sich die kälte
dadurch schwerere Luft in derjenigen Richtung, in welch
Abkühlung durch den Schatten fortschreitet, und die

1 Mesopotamien. S. 51. Nach KÄMTZ Meteor. Th. I. S. 1
2 Dessen Reisen. Deutsche Ueb. Th. IV. S. 151.
3 Acad. Reg. Scient. Historia. Auct. DU HAMEL. p. 259.
4 Beiträge zur Witterungskunde. S. 367.

Digitized by Google

bar richtiger, denn das Eindringen nach LA HIRE würde
dann statt finden, wenn eine Säule der erwärmten Luft
i plötzliches Vortreten einer Wolke vor die Sonne augen-
ich abgekühlt würde, statt daſs die bewegte Wolke schon
r einen Schatten erzeugt, ehe der angenommene Beobach-
i denselben kommt, und das meistens schnelle Fortschrei-
sselben nothwendig eine Bewegung der abgekühlten und
ch schwereren Masse zur Folge haben muſs. Es scheint
er noch eine Ursache hinzuzukommen, die man wohl nicht
übersehn darf. Wenn sich dieses Phänomen zeigt, so
ht gleichzeitig eine nicht geringe Luftbewegung in den
i Regionen, die aus dem raschen Fortschreiten der Wol-
sichtlich ist, sich aber den unteren stark erwärmten und
aufsteigenden Schichten nicht mittheilen kann; fällt aber
Hinderniſs durch den erzeugten Schatten weg, so neh-
ach die über der Erdoberfläche befindlichen Luftmassen
gemeine Bewegung an und auch in ihnen wird der herr-
e Wind fühlbar. Es findet hierbei demnach das Nämli-
tt, als was so eben über das Herabströmen der kalten
s den Thälern erwähnt worden ist, welches erst am Abend
nd merkbar wird. Aus dem Herabsinken kälterer Luftmassen
mere muſs auch wohl die zu Triest so gefürchtete *Bora*
tet werden. Dieser Wind, ein Nord- oder Nordostwind,
sich plötzlich, gehört hauptsächlich dem Winter an,
t zuweilen drei Tage anhaltend, macht das Meer bis
hin unsicher, tobt aber am stärksten zu Triest, wo er
er in die Stadt hineintreibt und dadurch bedeutenden
n anrichtet. Er kommt aus einer Spalte des Monte Spaga,
ältniſsmäſsig kalt und trocken, und soll auf die Vege-
nachtheilig wirken[1].

') Wie sehr die dickere und dadurch schwerere Luft
streben habe, in die wärmere leichtere einzudringen, geht
n bisher mitgetheilten Untersuchungen genügend hervor,
igt sich auſserdem sehr auffallend in dem Einflusse, wel-
he durch groſse Eismassen in den Polarmeeren stark ab-
te Luft in dieser Beziehung ausübt. Nähert man sich den
gen oder Eisfeldern, so empfindet man sofort einen von

Nach den Aussagen der Einwohner Triests. Vergl. WAGNER in
i's Archiv. Th. VI. S. 80.

ihnen wehenden kalten Wind, allein noch ungleich merkw
diger sind die Beobachtungen, welche unter Andern Scores
im nördlichen Polarmeere zu machen häufige Gelegenheit ha
Die über mächtigen Eisfeldern ruhende kalte und schwere L
leistet, zum Theil wohl wegen ihrer Adhäsion an dem ra
Eise, dem Winde einen solchen Widerstand, daſs es eine
raume Zeit dauert, bis sogar ein Sturm von der einen S
solcher groſser Massen bis zur andern derselben gelangt,
daſs er daselbst allezeit bedeutend schwächer ist, als auf
ner See. Zuweilen bewegt sich die vom Eise kommende L
strömung dem auf sie von offener See her treffenden W
entgegen, und wenn letzterer auch stark ist, so entsteht
nicht selten ein Kampf beider, welcher den Sturm etliche S
den lang bis auf ein Viertel engl. Meile weit vom Rande
Eises zurückhält. Südlichere warme und mit Wassern
überladene Luftmassen werden durch diese Mischung abge
und es fällt eine Menge Schnee auf dem Eise nieder.
Schmidt[2] macht auf den Wind aufmerksam, welcher i
Regel den Gewittern vorauszugehn pflegt, und leitet auch
sen von einer partiellen Abkühlung der Luft her, nich
von der früher angenommenen elektrischen Abstoſsung
ben. Die Abkühlung betrachtet er als Thatsache, und
ihre Ursache theils in der durch die Wetterwolke veruis
Beschattung, theils in der mit dem Regenfall nothwendig
bundenen Abkühlung. Die Abkühlung soll an einem h
Tage wohl 12°,5 bis 18°,75 C. betragen, und wenn auch
12°,5 angenommen werden, so würde doch die Ver
der unter der Wolke befindlichen Luftmasse 0,05 ihres V
mens ausmachen, in deren Folge eine 4000 Fuſs hohe
säule eine Geschwindigkeit von 25 Fuſs in 1 Sec. e
müſste, wodurch dann die Stürme vor den Gewittern e
lich werden sollen. Obschon die durch Gewitter bewirkte
kühlung eine Luftbewegung erzeugen muſs, wie wir s
sehn werden, so reicht doch diese Ursache nicht hin,
ganze Phänomen zu erklären. Abgesehn davon, daſs die

1 An Account of the Arctic Regions. T. I. p. 296. Verg
moirs of the Wernerian Soc. P. II. Vol. II. p. 318. übersetzt
LXII. 1 ff.

2 Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Gieſsen 1826. S. 2

Digitized by Google

oft vor den Gewittern hergehn, ehe Beschattung und Ab-lung durch Regen statt gefunden hat, und eine Geschwin-eit von 25 Fuſs zur Erklärung der beobachteten Wirkun-der Gewitterstürme nicht genügt, die Gewalt des Windes bei denjenigen Gewittern am gröſsten ist, die am tiefsten , wo sie dieser Theorie nach am geringsten seyn müſste, en die Gewitter, mindestens in den bei weitem meisten n, durch ungleich warme Luftmassen erzeugt, die schon t in starker Bewegung sind, wie das Sinken der Barome-deutet, und welche dann in Folge ihres Zusammentreffens Bewegung durch verschiedene Ursachen vergröſsern.

Diesen Erscheinungen ähnlich ist eine andere, die nach des[1] zuerst durch Volta beachtet wurde, daſs nämlich urch Gewitterregen und noch mehr durch Hagel abge-Luft nach allen Seiten in Folge ihres gröſseren Gewich-flieſst. Kämtz[2] bestätigt dieses durch eine Erfahrung, selbst zu machen Gelegenheit hatte. Ein Gewitter mit wind überraschte ihn im Freien, der Wind wurde bei Annäherung desselben sturmartig, ging fast in Windstille als er sich mitten darin befand, und erhielt eine östliche ng, als die stark regnende Wolke über sein Zenith weg-n war. Der Wind nach solchen Gewittern soll allezeit n seyn, wie Volta angiebt, was Brandes aus der Kälte er hiernach nothwendigen gröſseren Trockenheit der her-enden Luftmassen ableitet, mit dem Zusatze, daſs die und trockne Luftströmung zuweilen erst am folgenden eintrete, weil die untere, sehr erkaltete Luft durch ihr es Gewicht das Herabsinken der oberen hindere; inzwi-möchte ich diese letztere und überhaupt die ganze An-n Zweifel stellen. Ist einmal eine groſse Luftsäule be-d gegen ihre Umgebung abgekühlt, so muſs sie seitwärts en und dadurch die oberen Massen herabsinken machen; er die durch Gewitterregen oder Hagel abgekühlte Luft-in der Regel eine nach allen Seiten von ihr ausgehende ewegung erzeuge, dürfte wohl mit der Erfahrung nicht nstimmen, vielmehr die durch Kämtz gemachte Beob-ng als Ausnahme zu betrachten seyn. Wird die Luft

---

[1] Beiträge zur Witterungskunde. S. 369.
[2] Meteorologie. Th. I. S. 212.

durch einen starken Gewitterregen, noch mehr aber durch Ha-
gel, bedeutend abgekühlt, welche beide Processe der Natur der
Sache nach mit dem Herabsinken kalter Luftmassen aus bedeu-
tenden Höhen verbunden sind, so entsteht durch verschiede
mächtig zusammenwirkende Ursachen in der Regel eine sta
mit Sturm beginnende Luftströmung, welche kein Abfließ
nach allen Seiten gestattet, vielmehr zu einer bestimmten Ri
tung entschieden übergeht und diese dann eine Zeit lang
folgt, weswegen nach VOLTA die Gewitter meistens ihre
mal angenommene Richtung beibehalten. Ob übrigens
Wind nach starken Gewittern, und insbesondere nach Ha
schauern, in der Regel trocken sey, dürfte mit Grund
zweifelt werden, da vielmehr meistens nach vorhergegang
Trockenheit auf eine solche Katastrophe fortdauernder Re
nach Hagelwettern meistens mit bedeutender Kälte verbun
zu folgen pflegt; nur einmal, im Jahre 1824, erlebte ich
darauf folgende Wärme bei heiterem Himmel, welche W
rung jedoch nur bis zum nächstfolgenden Tage anhielt, i
len andern von mir beobachteten Fällen folgte auffallende
mit Nässe.

28) e) Als einen eigenthümlichen Wind möchte ich
den Ostwind hervorheben, welcher insbesondere im nördl
Deutschland häufig einige Wochen nach den Frühlings
gleichen nicht eben mit bedeutender Stärke, aber lange,
weilen mehrere Wochen, anhaltend weht. Auch im südl
Deutschland findet man solche Winde, und sie schein
daselbst früher anzufangen, aber minder anhaltend zu
Das Wetter ist zu dieser Zeit fortdauernd heiter, die Lu
trocken, so daſs sie leicht entzündlich auf die Respirat
gane wirkt, es herrscht ein schwacher Ostwind, welch
Morgen kurz nach Sonnenaufgang am stärksten ist, gegen
tag nicht bloſs schwächer wird, sondern auch in schw
Südwind und später selbst Südwestwind übergeht, Abends
Sonnenuntergang aber wieder nach Ost überspringt. We
Wind ungeachtet der dann vorhandenen Winterfeuchtigkeit
Boden stark austrocknet, so pflegen die niedersächs
Landleute wohl die sieben Wochen zwischen Ostern und P
sten, in welchen Zeitraum er fällt, die *sieben Soren* (ver
mit dem gebräuchlicheren *aussoren* statt austrocknen) zu
nen. Nach meiner Ansicht ist dieser Wind als eine Art

sut zu betrachten, welcher durch den Andrang der Po-
t gen Süden dann entsteht, wenn die Sonne den Aequa-
beschreitet, und welcher in Folge örtlicher starker Er-
ung durch die bei heiterem Himmel von Ost durch Süd
West täglich bewegte Sonne eine südliche, seltener und
ingerem Grade eine etwas westliche Richtung annimmt.

9) f) Eine eigene, sehr wichtige Classe von Winden bil-
ie sogenannten *heiſsen*, die sich nicht sowohl durch ihre
keit als vielmehr durch ihre hohe Temperatur auszeich-
nd mitunter Wirkungen äuſsern sollen, die sich selbst
er übergroſsen Hitze nicht einmal vollständig ableiten
Werden Luftmassen aus solchen Gegenden herbeige-
wo der trockne und sandige Boden durch die direct auf-
n Sonnenstrahlen bis zu einem unglaublichen Grade er-
t, so müssen diese eine Temperatur haben, wie sie sich
heiſsen Winden zeigt, denn wenn wir, um nur einige
n der Reisenden hier anzuführen[1], aus glaubhaften Be-
entnehmen, daſs die Hitze auf Neuholland im Sande
und sogar im Schatten 40°,5 bis 45°,5 anhaltend, für
ze Zeit aber im Schatten fast 54° C., im Sande der
von Venezuela aber 52°,5 bis 60°, und bei Ombos einige
er dem Boden 54° C. erreicht, so ist nicht zu ver-
n, daſs die Reisenden in den aus solchen Gegenden
führten Luftmassen fast verschmachten und bei etwas
der Dauer derselben selbst der Todesgefahr ausgesetzt
Die nachtheiligen Wirkungen der heiſsen Winde wür-
ch ungleich furchtbarer seyn, wenn nicht glücklicher
lie so erhitzten Luftmassen eben hierdurch eine Ten-
n Aufsteigen erhielten, so daſs sie sich verhältniſsmä-
r selten in horizontaler Richtung bewegen, ungleich
aber in senkrechter, wodurch sie den seitwärts ein-
en kälteren Schichten Platz machen, selbst aber un-
n, ja vielmehr durch ihr Abflieſsen nach höheren Brei-
wieder nützlich werden. Hierin liegt die Erklärung
en Winde im Allgemeinen; es kommen aber bei den
n noch specielle örtliche Bedingungen hinzu, die noch
s bemerkt werden müssen, weswegen die bekanntesten
sen einzeln untersucht zu werden verdienen.

---

1 Art. *Temperatur* Bd. IX. S. 462 ff.

Digitized by Google

α) Harmattan.

30) Dieser Wind, dessen Name nach Dobson[1] aus A-*rahmantah* (von *aberrahman* wehen und *tah* Unschlitt) c-rumpirt seyn soll, weil die Neger gegen seinen Einfluſs d-Körper mit Fett beschmieren, weht in kurzen Perioden auf Westküste Africa's, vorzüglich in Senegambien, ist aus-mend trocken und wegen des mitgeführten feinen Staubes stig[2]. Nach Monrad[3] hält er auf der Goldküste nur acht Tage an, ist dort eher kühlend und mindestens sehr aus NO. wehend. Auch Dobson[4] nennt ihn einen No-wind, und hebt vorzüglich seine Trockenheit hervor, we-bewirkt, daſs sogar zerflossene Pottasche durch ihn wied-wird; zugleich erwähnt er den feinen, ihn begleitenden N-von unbekannter Natur, der aber vermuthlich nichts ander-der feine Sandstaub ist, welchen er mit sich führt. Hält selbe länger, bis etwa 12 Tage an, so senken sich die Zw-der Bäume, die Blätter welken und werden zuletzt so tro-daſs man sie zerreiben kann, Holz und Tafelwerk schwi-die menschliche Haut wird spröde und schält sich ab, schadet er nur den Vegetabilien, nicht aber den Ani-indem er vielmehr alle fauligen Krankheiten, Rheuma-und Fieber sofort heilt. Die Abkühlung, welche er sein-hen Temperatur ungeachtet gewährt, ist nach Monra-Folge eben des feinen Staubes, welchen er aus dem Inne-Landes kommend mit sich führt, wodurch die Sonne so-dunkelt wird, daſs man hineinsehn kann. Eben dieser Sc-steller bestätigt seine ausnehmende Trockenheit, welche den genannten Wirkungen auch verursacht, daſs die T-den Federn beim Schreiben vertrocknet, weswegen er a-arabisch bloſs trockner Wind heiſst. Die Periode seines W-hens fällt um Weihnachten. Dagegen redet Clapperton[5] ihm als einem am 18ten und 22sten Februar anhaltenden W-

1 Philos. Trans. 1781. p. 52. Journ. de Phys. T. XX. p. 4-

2 Dampier's Reise um die Welt. Deutsche Ueb. Leipz. 17-

3 Gemälde der Küste von Guinea. Weimar 1824. 8. S. 2-

4 Philos. Trans. 1781. T. LXXI. p. 46. Lichtenberg's Maga-I. St. IV. S. 41.

5 Tagebuch der zweiten Reise ins Innere von Africa. We-1830. S. 88.

Digitized by Google

seine groſse Trockenheit hervor, nennt ihn aber gleich-
kalt. Hiernach besteht also dieser Wind aus nichts wei-
als den Strömungen der Luftmassen, die über den heiſsen
wüsten Africa's ausnehmend ausgetrocknet sind und eine
tende Menge aufgehobenen feinen Sandes mit sich führen,
den eigentlichen *Sandstürmen* (§. 37) anzugehören. Wenn
Dobson die nachtheiligen Wirkungen desselben als eine
der schädlichen Dünste angiebt, welche die Sonne wäh-
der in den Monaten März und April in jenen Gegenden
fallenden Regen aufzieht, so steht dieses mit der von
elbst angegebenen groſsen Trockenheit in so auffallendem
spruche, daſs man sich wundern muſs, wie ihm dieser
n konnte. Es darf zugleich nicht unbemerkt bleiben,
r Harmattan nach Monrad an der Goldküste um Weih-
s, nach Clapperton im Innern von Africa im Februar,
Dobson aber in Senegambien etwa im Mai wehen soll.
und die verschiedenen Richtungen, die ihm beigelegt
, lassen schlieſsen, daſs der arabische Name dieses Win-
chts anderes als den trocknen Wind bezeichne, welcher
r groſsen africanischen Wüste her in ungleichen Zeiten
ch verschiedenen Richtungen weht. Seine schädlichen
ngen endlich, wenn wir diejenigen unbeachtet lassen,
er gegen die Pflanzenwelt äuſsert, sind entweder un-
nd oder gar nicht vorhanden, doch giebt Dampier an,
wegen des feinen bräunlichen Staubes, der sich oft bis
r Linie hoch anhäufe, nicht bloſs dem Athmen, sondern
en Augen sehr beschwerlich falle.

β) Sirocco.

) Von diesem Winde ist weit weniger die Rede, so-
in Africa weht, als inwieweit er nach seinem Ueber-
über das Meer in andern Ländern seine unangenehmen
ngen äuſsert. Es läſst sich daher mit groſser Wahr-
lichkeit annehmen, daſs er in jenem Welttheile nicht als
genthümlicher existirt, sondern vielmehr eine bloſse Fort-
g des Harmattan ist, sofern dieser als derjenige heiſse
betrachtet werden kann, welcher von der groſsen africa-
n Wüste nach allen Seiten hin weht, je nach der Rich-
in welcher die kalte Luft der Umgebung in die warme

Digitized by Google

über der Wüste eindringt und diese vor sich her treibt. Sirocco soll er auch im südlichen Spanien und Frankreich kannt seyn, hauptsächlich aber herrscht er in Sicilien und lien. Hiernach kommt derselbe als südliche Luftströmung der Sahara und geht über das Atlasgebirge und das mittellän Meer, wo er seine auſserordentliche Trockenheit verliert, Hitze und erschlaffende Eigenschaft aber beibehält. Hie zeichnet er sich vorzugsweise in Sicilien und Italien aus, dieses vorzüglich durch Brydone[1] beschrieben worden ist, daſs die Bewohner jener Länder anderweitig Aufhebens machen, ihn besonders beachten und seine Eigenthümlich genauer und specieller angeben, indem sie bloſs beiläufig seine Hitze klagen. Nach Brydone aber macht er das von Italien vorzugsweise unangenehm, weil er so ermatten Körper und Geist wirkt, daſs beide in ihren gewöhnl Functionen ausnehmend gestört werden. Die Eingebornen hiernach nicht weniger als die Fremden durch ihn leiden, geistige Arbeiten sehr durch ihn erschwert werden und Veranlassung geben, daſs man von etwas sehr abgeschm zu sagen pflegt: *era scritto in tempo del Sirocco.* Au Barometer hat er keinen Einfluſs, was jedoch mit dem Z nicht wohl übereinstimmt, daſs es beim Anfange desselbe 1,5 Lin. fiel und sich dann während seiner Dauer auf d Stande erhielt; das Thermometer dagegen, welches vor s Anfange auf 6°,11 C. stand[2], stieg unmittelbar danac 18°,33 und später auf 22° C.; doch ist es nicht sowo groſse Wärme, als vielmehr seine sonstige Eigenthümli welche ihn so unangenehm macht. Vorzugsweise such durch Baden in der See seine Wirkungen unschädli machen.

Es darf wohl kaum bemerkt werden, daſs diese Da lung mehr das Gepräge einer oberflächlichen brieflichen theilung, als die einer schulgerechten physikalischen Besc bung trägt. Inzwischen wird dieser Wind, der *Auster*, von Aristoteles[3] und den Schriftstellern nach ihm

---

1 Reise nach Neapel und Sicilien. Br. 1.

2 Dieser Stand muſs als ungewöhnlich niedrig auffallen, mehr, als Brydone's Beschreibung sich auf die Monate April u zu beziehn scheint.

3 Problem. N. 17 u. 42. Vergl. Isidorus Origg. Lib. XIII. c

als unangenehm, sondern auch als der Gesundheit nach-
g angegeben.

32) Man nimmt an, daſs der über die Alpen herkommende
in einige Schweizerthäler sich herabstürzende sogenannte
eine Fortsetzung des Sirocco sey, wozu auf jeden Fall
leiche Richtung beider, auch sonst einander ähnlicher
römungen berechtigt. Auch von diesem Winde wird oft
tet, daſs er sich in gröſserer oder geringerer Stärke ge-
habe, inzwischen kenne ich nur eine einzige, aber voll-
ge Beschreibung aller derjenigen Wirkungen, die er mei-
einzeln, zuweilen aber auch sämmtlich zu zeigen ver-
sofern sie mit einander vereinbar sind. Sie ist auf Ver-
ng einer von der Schweizergesellschaft für Naturwis-
ft aufgestellten Frage von Dr. Lusser[1] in Altorf ver-
nd bezieht sich zwar zunächst nur auf die an diesem
n Canton Uri gemachten Beobachtungen, kann aber im-
als allgemein passend gelten. Die Sache scheint mir
n von genügendem Interesse für eine ausführliche Mit-
g der Thatsachen, deren Kenntniſs und gehörige Wür-
auch über die anderen heiſsen Winde einiges Licht zu
en geeignet ist.

er *Föhn* ist ein Südwind, welcher an Stärke alle anderen
r Gegend übertrifft. Vor dem Eintritt desselben wird
nne bleich, der Mond erhält einen meistens farbigen
die Sterne funkeln wie im Winde flatternde Lichter, ferne
tände sind wie in Flor gehüllt, und es bildet sich über
de ein Nebel, welcher mit der Annäherung an den Bo-
chter wird. An einzelnen Stellen, insbesondere an der
ite der Gebirge, entstehn gröſsere und kleinere Nebel,
h heftig bewegen und bald verschwinden, bald wieder zum
ein kommen, bis der Föhn mit voller Kraft einbricht.
ch sind die Temperaturen und Bewegungen der Luft-
ten in stetem starken Wechsel, so daſs man auf einer
Ebene bald von einem kalten, bald von einem hei-
Winde angehaucht wird; auch sieht man häufig die Blät-
s einen Baumes stark bewegt, während die eines an-
völlig ruhn, die Wärme der Luftschichten wechselt zu-

Allgemeiner Schweizer Naturw. Anz. 1820. Apr. G. LXVI. 117.
Scheuchzer Naturgeschichte d. Schweizerlandes. 2te Aufl. Th.
3.

gleich so sehr, daſs man das Gefühl hat, als käme man einer kalten Vorhalle in ein geheiztes Zimmer und umgek im Ganzen aber steigt die Temperatur, während das Baro sinkt; die Wärme erhält sich Tag und Nacht ziemlich gl förmig, und es fällt kein Thau. Kurz vor dem völligen tritt des Föhns kommt gewöhnlich Nordwird, *Föhnen-* genannt, wo nicht in den tieferen, doch jederzeit in den heren Regionen. Man gewahrt deutlich das schrittweise rückweichen des Nordwindes vor dem Föhn an den W die zugleich mit zurückgetrieben werden und sich an der Gr beider Winde hoch aufthürmen.

Wenn der Föhn sich nahet, werden die Pflanzen die Thiere unruhig und die Menschen fühlen Erschlaffung Kopſweh, Müdigkeit neben Schlaflosigkeit und dem Sch der Wunden und alten Narben vereint. Während der desselben bleiben Barometer und Thermometer unveränd Frühlinge befördert er die Vegetation sehr auffallend und sch den Schnee ungewöhnlich schnell, ohne wegen der Verdunstung vieles Wasser zu geben. Auf dem Vierwald See wirkt er heftiger, als irgend ein anderer Wind, die in groſser Tiefe liegenden Netze und entwurzelt ti sende Wasserpflanzen. Seine Stärke ist zu verschiedenen ten und an verschiedenen Orten sehr ungleich, was als der Einwirkung hoher Gebirgsmassen nicht wohl anders kann. Nicht selten ist an einem Orte Windstille, wenige hundert Schritte davon Bäume entwurzelt und fortgerissen werden; mitunter rauscht er stark in den Wipfeln der Bäume, während man an deren Fuſse ka leises Wehen verspürt, auch folgt auf einen heftigen St wöhnlich eine kurze Windstille. Seine Dauer beträgt nur wenige Stunden, zu anderen Zeiten acht und mehr am häufigsten weht er im Frühjahr und Herbst, selte Winter und noch seltener im Sommer.

Auch beim Aufhören des Föhns zeigen sich verschi Erscheinungen. Zuweilen hört er plötzlich auf, es Windstille bei reinem Himmel, aber die beim Anfange d ben bemerkten Vorzeichen nehmen wieder zu; das Wetter klar, das Thermometer sinkt, das Barometer steigt etwas erhebt sich ein angenehmer Nordostwind, hält aber nicht an, und bald kehrt der Föhn zurück, weswegen die Land

uf dieſen ſogenannten *Föhn-Schon* halten. Zu andern bilden ſich während der Dauer des Föhns in den obern n Gewitterwolken, die ſich öfters in warme ſtarke Re- hr ſelten Gewitter, auflöſen. Oft geſchieht dieſes ſchon, Föhn bis zur Erde kommt, und wenn er dann mit Regen eintritt, ſo nennt man ihn *Demmer-Föhn.* andern Zeiten ſammeln ſich bei heftigem Föhn und Himmel am nordweſtlichen Horizonte ſtarke Wolken, Nordweſtwind ſchneller oder langſamer gegen Süden Die Grenze beider Winde iſt ſehr kenntlich, und man ſig, daſs der Nordwind in höheren Gegenden ſchon t vorgedrungen iſt, während in tieferen der Föhn noch rmacht widerſteht; es folgt gewöhnlich Regen oder die Luft wird kühler, das Barometer ſteigt und es rhaft ſchönes Wetter, *Schoh* genannt.

kwürdig und für die Theorie der Winde von groſser eit iſt der Umſtand, daſs der Föhn, ſo viel mir be- ch nicht allezeit als Sirocco in Italien zu zeigen pflegt, in der Schweiz und überhaupt auf der Nordſeite der m Vorſchein kommt, obgleich beide einander ſo ähn- , daſs man ſie hiernach und in Gemäſsheit ihrer glei- htung wohl nothwendig für identiſch halten muſs. der Sirocco minder heftig und nicht mit Gewittern , wie der Föhn, allein dieſes wird leicht erklärlich, berückſichtigt, daſs bei letzterem die hoch aufge- und in groſse Entfernung nach Norden ſtrömenden ftmaſſen eine bedeutend ſtarke Bewegung haben müſ- die in groſser Höhe und unter höheren Breiten be- , alſo kälteren und ſchwereren Luftmaſſen zurück- , die dann, in ſie eindringend und mit ihnen ge- othwendig Niederſchläge durch Abkühlung und we- chnelligkeit, womit dieſes geſchieht, Gewitter er- äſsen. Wenn alſo, der Regel gemäſs, die kälteren n in die wärmeren einzudringen und dieſe zurückzu- flegen, ſo haben wir hier ein Beiſpiel gerade entge- er Erſcheinungen. Auf eine ſehr ausgezeichnete Weiſe der Föhn mit ſeinen hervorſtechenden Eigenſchaften li 1841, als er ſeine Wirkungen nicht bloſs über iz, ſondern zugleich über einen groſsen Theil des ler Alpen liegenden Deutſchlands verbreitete. Nach

Digitized by Google

Wartmann's Beobachtungen[1] war der Wind auf den Al
so heiſs, daſs er eine groſse Menge Schnee und Eis schm
wodurch die Bäche stark anschwollen, und wo derselbe Bä
und Gesträuch traf, zeigten sich die Blätter wie durch gl
den Dampf versengt. An einigen Orten in Baiern und im
sterreichischen, namentlich zu Ischl, trat plötzlich eine ex
orbitante Hitze ein, daſs manche Personen, die sich im F
befanden, sich der Kühlung wegen in die Häuser zurück
und Mühe hatten, dieselben zu erreichen, selbst in Wien
beobachtete v. Littrow[2] 38°,5 C. In der Gegend des Sch
waldes, bis über den Odenwald hinaus und in der Rhei
gend herrschte ein heftiger Sturm mit ungewöhnlich h
Temperatur bei bedecktem Himmel und Regen, worauf in
nächsten Tagen bedeutende Verminderung der Wärme f
in Genf tobte der Sturm gleichfalls und hatte nach W
mann's Angabe eine rotatorische Bewegung. An diesem
herrschte übrigens, wenn gleich kein Sturm, dennoch ein
gewöhnliche Hitze in Italien, denn zu Pesaro zeigte das
mometer 40° C und Pilla[3] beobachtete zu Neapel
45° C.

Nach Heineken[4] weht der *Sirocco* auch auf Mad
OSO.-Wind, wohin er 300 engl. Meilen weit über d
kommt. Dennoch ist er ausnehmend trocken, von gä
kenlosem Himmel begleitet, dauert in der Regel drei T
haltend, und erzeugt die Empfindung eines aus einem
Ofen ausflieſsenden Luftstromes. Augen und Lippen
durch ihn, wie durch die scharfen Ostwinde des Nord
ficirt, die Thiere werden träge und abgespannt, Meubles
den, und Bücher sperren die Decken auf, wie durch
Hitze; doch bemerkt man keinen eigentlichen Nachth
selben auf die Gesundheit.

γ) Chamsin.

33) Dieser Wind, der *Chamsin-Jaum* der Kopten

---

1 Aus dem Berichte der schweizer Versammlung in der
Zeitung 1841. Nr. 248.

2 L'Institut. 9me Ann. Nr. 406.

3 L'Institut. 1841. 9me Ann. Nr. 400.

4 Philos. Magaz. and Ann. of Phil. T. II. p. 363.

Digitized by Google

amsin, engl. *Khamseen*), weht in Aegypten innerhalb der Tage, die auf die Nachtgleichen folgen, woher sein Name mt, welcher in der koptischen Sprache *Chamsyn* oder msin, funfzig, heiſst. Oft wird erwähnt, daſs diese 50 zur Hälfte vor, zur Hälfte nach den Nachtgleichen fallen, die Zeit wird nicht stets genau angegeben. Er hält zwei ei Tage an, kommt aus SW., ist brennend heiſs und n und führt einen sehr feinen Staub mit sich, welcher en die Luft verdunkelt und erstickend auf die Respirawkzeuge wirkt. Niebuhr[1] führt von diesem Staube die liche Thatsache an, daſs er nicht nur häufig durch die hitteten Fenster der Europäer, sondern auch in zuges Blasen und verkorkte Bouteillen dringe. Zählen wir ses zu den so häufig bei dem genannten Reisenden sich en Uebertreibungen, so ist wohl ohne Zweifel dieser taub die Ursache der in Aegypten so häufigen Augenangen. Die Hitze ist dabei so stark, daſs sie nicht is 47°,5 C. steigt. Ueber ihn haben sich auſser Nieoch verschiedene andere Reisende, als Burckhardt[2], [3], Denon[4] u. s. w. geäuſsert, und der Letztere erzählt dem, daſs er einst bei Annäherung desselben, als schon mel trübe und die Sonne verdunkelt wurde, seinen en durch Baden entgehn wollte. Allein kaum war er il gestiegen, als dieser tobend aus seinen Ufern zu ahte und der Boden eine zitternde Bewegung erhalten schien. Als er den Fluſs verlassen hatte, konnte er tarken Staube nur mit Mühe seine Wohnung erreiämtz[5] leitet dieses von dem Wellenschlage ab, welceit bewirken soll, daſs der Boden zu beben scheint, n dabei badet; allein wenn auch dieses Beben des erdurch genügend erklärt ist, so deutet doch das Aus- Stromes, vorausgesetzt, daſs keine Uebertreibung statt ehr auf eine trombenartige Wirkung des Windes, die den heiſsen Winden gleichzeitig wohl zum Vorschein kann, da die Tromben mit den Sandstürmen (§. 37)

---

1) isen. Th. I. S. 499.
2) bia. p. 362.
3) rrative. p. 195.
4) yage. p. 179.
5) teorologie. Th. I. S. 265.

Digitized by Google

in sehr naher Verbindung stehn. Burkhardt[1] fand denselb zu Esne, welches etwas höher liegt, weit weniger drück als in Oberägypten, doch war er, besonders anfangs, heiſs.

δ) Samum.

34) Dieser dem westlichen asiatischen Continente, h sächlich dem steinigen Arabien, zugehörige Wind soll Namen vom Zeitworte *Samma* erhalten haben, welch Langlès[2] *vergiften* heiſst, nach Schott aber, wie K angiebt, auch *heiſs seyn*. Vermöge der verschieden sprache nennt man diesen Wind auch *Simum*, *Semum*, genauer *Bhad-Samum*, giftigen Wind; bei den Türken er *Samiel*, oder nach der französischen Aussprache Ch was nach Volney[4] von *Cham*, Syrien und *Yel*, Wind, leiten ist, weil der Wind den Türken aus Syrien komm Chardin und Langlès aber richtiger von *Sam*, Gift u Wind hergeleitet wird. Auſser einigen Angaben der wonach so viele Menschen durch die heiſsen Winde kommen seyn sollen, kennen wir diesen Wind haupts aus den Berichten von Beauchamp[5], Volney[6], Ni und einigen Andern, aus denen folgende Beschreibung mengestellt worden ist[8].

Der Wind erstreckt seine Verwüstungen über ein Länderstrecke, namentlich über die Wüsten zwischen Bagdad, Haleb und Mecca, das steinige Arabien längs de des persischen Meerbusens, die Gegenden des Tigris, dringt selbst bis nach Surate vor. Selten zeigt er glücklichen Arabien, und Palästina ist durch seine gegen ihn geschützt, doch sollen sich einst 30000 E

1 Reisen in Nubien. Weim. 1820. S. 484.
2 Chardin Voyages. T. III. p. 286.
3 Meteorologie. Th. I. S. 259.
4 Voyage. T. I. p. 55.
5 S. Cotte Mémoires sur la Météorologie cet. Par. 17 p. 213.
6 Voyages. T. I. p. 57.
7 Arabien. S. 8. Auch Ker Porter in Travels T. II. stimmt nach Kämtz Meteorol. Th. I. S. 271 hiermit überein.
8 Gotha'sches Magaz. Th. IV. St. 3. S. 38.

Digitized by Google

Gegenden vor ihm in die Höhle Adullam bei Thekon ge- t haben. Er weht nur in den Monaten Juni, Juli und t, ist im Juli am furchtbarsten, zeigt sich bloſs am Tage, hr seltenen Ausnahmen bei Nacht, und ebenso aus- lich auf dem Lande, indem er auf den Flüssen und auf e augenblicklich seine nachtheiligen Wirkungen verliert. ück für die Reisenden kündigt er sich stets vorher an, der l röthet sich in der Gegend, woher er weht, man be- eine eigenthümliche Bewegung in der Luft und hört ein Brausen in der Ferne. Nach einigen Aussagen soll euerstrahlen, wie Haarbüschel, wahrnehmen, und derje- lezeit verloren seyn, welcher diese einathmet. Seine Be- ist wirbelartig, dauert nie über 15 Minuten und ge- hierdurch, seinen schädlichen Wirkungen zu begegnen. sem Ende hüllt man den Kopf in ein leinenes Tuch, h auf die Erde nieder und drückt das Gesicht in den wobei bloſs die gehemmte Respiration beschwerlich wird. em sehr heftigen und anhaltenden Samum genügen in- se Hülfsmittel nicht, die ihn sonst unschädlich machen Yve[1], welcher von Ostindien zu Lande nach Europa nennt die Samiels Wirbelwinde, die unverzüglich jeden n und jedes Thier tödten, das ihnen in den Weg Um diesem zu entgehn, werfen sich Menschen und sofort nach Wahrnehmung der Zeichen, die ihn ankün- uf die Erde, die Füſse gegen den Wind gekehrt. Der iale Dunst streicht schnell vorüber und bildet nur einen n Strom, so daſs mehrere nicht weit von einander ent- Reisende von verschiedenen Samielen geplagt werden. en ist zugleich, bei Nacht zu reisen, auch werden seine gen sehr geschwächt, wenn er über bepflanzte Gegen- t. Die Zufälle, welche er herbeiführt, sind schreck- tödtet so schnell, daſs seine Schlachtopfer kaum Zeit u sagen, daſs ein Feuer in ihrem Innern wüthet. Alle Theile, insbesondere bei sehr ermüdeten Personen, sind Augenblick zerlegt oder aufgelöst, die von ihm er- Menschen sperren vor Schmerz den Mund auf und im Delirium, worauf ihnen bisweilen das Blut aus Nase

[1] Nach Lind's Versuch über die Krankheiten der Europäer in d. Ländern. A. d. Engl. Leipz. 1773.

und Ohren flieſst, die Leichen aber blau werden. Auf beha
Thiere soll seine Wirkung geringer seyn, zum Theil desw
gen, weil sie ihn früher wittern, dann den Kopf zur E
halten und in ein starkes Zittern mit bedeutendem Schw
gebracht werden.

Diese schrecklichen Wirkungen zu erklären hat man
Zuflucht zu den Ausdünstungen der Lorbeerrose (*Rhododen*
nerium) genommen, die dort häufig wachsen soll, die F
men leitet man von schwefligen Dünsten ab, da der Sch
in den Gegenden, woher dieser Wind kommt, in Menge
handen sey, zugleich aber von der Elektricität, deren Er
durch die fortgeführten Schwefeltheile erleichtert werde,
jedoch die Schwierigkeit entgegensteht, daſs diese Eigen
ten nicht wohl durch das Hinüberstreichen über einen
aufgehoben werden, noch weniger aber hinter demselben
der eintreten könnten. Werner[1] glaubt die Ursache da
finden, daſs die Luft durch den trocknen Boden aller F
tigkeit beraubt und dadurch gezwungen werde, andere
namentlich das Phlogiston, aufzunehmen, wonach die
schädliche Wirkung durch Aufnahme von Wasserdamp
höre. Olivier meint, die schädlichen Wirkungen des S
rührten vom gypshaltigen und bituminösen Boden Mes
miens her, aus welchem durch anhaltende Dürre die sc
chen Ausdünstungen gelockt würden, die an das Wasse
gingen, wenn der Wind über einen Fluſs gehe, und Er
ist geneigt, dem absolut trocknen Sauerstoffgas die sc
Wirkung der heiſsen Winde beizumessen. Endlich fand
die Ursache der schädlichen Wirkungen dieses Windes
Elektricität, worin auch Rüppell[3] die des Harmattan
ohne die eigenthümliche Art dieser Wirksamkeit näher
zeichnen; man weiſs aber, daſs schon Lichtenberg d
merkung machte, daſs dieses wichtige Agens alles erklären
wozu man keinen andern Grund finden könne.

35) In dem Vorhergehenden sind die heiſsen Wi

1 Lichtenberg's Magazin. Th. IV. St. 2. S. 108.

2 G. XXX. 115. Von Lindenau in monatl. Corr. Th. XIII
hält sich vorzüglich an Olivier, und leitet demnach die schä
Wirkungen des Samiel von schwefligen Dünsten, die des Chamsin
viel Stickgas ab. Nach v. Zach in Corr. Astr. Nr. 6. p. 540 soll der
zu viel Salpetergas, der Harmattan zu viel Sauerstoff enthalten.

3 Schweigger's Journ. XXXVIII. 186.

Digitized by Google

rieben, wie man dieses nach den Berichten früherer Rei- n allgemein angegeben findet. Schon eine oberflächliche htung der erwähnten Thatsachen muſste einige Zweifel die absolute Genauigkeit derselben hervorrufen, sofern its die Ursache so furchtbarer Wirkungen nirgends zu war, andererseits aber, ihre Richtigkeit vorausgesetzt, eiflich blieb, wie die Caravanen so oft ohne bedeutende ksfälle jene Gegenden durchstreifen konnten. Inzwischen neuerdings Ritter[1] in Folge des kritischen Studiums hlreichen vorhandenen Quellen und Kämtz[2] vermöge groſsen Belesenheit in neueren Reisebeschreibungen nicht ie Uebertreibungen in den Erzählungen älterer Reisenden wiesen, sondern auch den Grund zu diesen scharfsinnig nden. Zuvörderst hält Kämtz alle vier genannte Winde ntisch, so daſs man sie alle mit dem nämlichen Namen belegen könne. Hierbei beruft er sich auf das Zeugniſs ay's[3], welcher beide für identisch erklärt, und auf Mungo welcher die zu Sibidulu auf der Mandingo-Terrasse teten Samums geradezu in der Negersprache Harmattans Dieses muſs man insofern für richtig anerkennen, als verschiedenen Namen den aus den Sandwüsten her- den heiſsen Winden beigelegt werden; ein Unterschied n beruht daher bloſs auf ihren ungleichen unangeneh- irkungen, die sich jedoch nicht auf eine solche Weise eiden, als man namentlich in Beziehung auf den Sa- sher angenommen hat. Man kann daher immerhin den k Samum als allgemeine Bezeichnung der giftigen oder Winde beibehalten, speciell genommen bezeichnet die- den in Asien, namentlich in Arabien, wehenden Wind, dagegen, welcher von der Sahara ausgehend Aegypten , heiſst Chamsin, und wenn er, von dieser nämlichen usgehend, eine Richtung nach Süden, nach Westen und rden annimmt, so heiſst er in der Negersprache Har- Darf dann vorausgesetzt werden, daſs dieser in der

essen Erdkunde. Th. I. a. v. O.
eteorologie. Th. I. S. 261 ff.
ragmens d'un Voyage en Afrique. T. I. p. 228.
ravels. p. 258. Gehler a. A. Th. V. S. 1019 tadelt Volney T. I. p. 56) deswegen, weil er den Samum und den Cham- entisch hält, da Niebuhr beide unterscheidet.

Richtung nach Norden über das mittelländische Meer nach E
ropa gelangt, so ist der Sirocco nichts weiter als eine F
setzung desselben, worüber unten (§. 37) noch weiter die R
seyn wird.

36) In Beziehung auf die verheerenden Wirkungen
heiſsen Winde, wie sie vorzüglich dem Samum beigelegt w
den, ist nicht ohne Bedeutung, daſs gerade dieser den N
Gift trägt, womit man schon an sich die Vorstellung
Schädlichkeit verbindet. Kämtz weist aber nach, da
den Angaben von Schott in den semitischen Dialecten ve
dene Worte zugleich *giftig* und *heiſs* bezeichnen und de
druck *Gift* bei den Orientalen oft nichts weiter als da
bezeichnet, was unangenehm ist. Die genauesten und
sten Nachrichten über die heiſsen Winde, namentlich de
mum, hat Burckhardt[1] mitgetheilt. Hiernach ist de
nichts weiter als ein sehr heiſser, trockener und nam
wegen des mitgeführten feinen Sandes in der Wüste
unangenehmer Wind. Daſs er tödtlich seyn und ganze
vanen vernichtet haben solle, sind übertriebene Erzäh
der Beduinen, die hierdurch, wie durch andere abenteu
Angaben von den Schrecknissen der Wüste, die Bewoh
Städte in Erstaunen setzen und vom Reisen zurückhalte
sich höheren Lohn für ihre Führungen verschaffen wollen, wi
Kämtz durch unwiderlegliche Zeugnisse dargethan hat.
aus dürfte auch die Angabe erklärlich seyn, daſs der W
den Flüssen und überhaupt durch Berührung des Wass
der mit Vegetation bedeckten Strecken seine tödtliche
schaft verliere, denn sonst hätte sich die Uebertreibung
die Erfahrungen derer, die in gröſserer Zahl die Flüsse
ren oder ihnen nahe wohnen, ja selbst der Bewohner d
sen sehr bald herausgestellt. Burckhardt[2], von d
wuſsten, daſs er gehörig unterrichtet sey, erfuhr von ih
Wahrheit, die er dann auch durch eigene Erfahrung bestätig
Der Wind weht nie dicht am Boden, weswegen das N
werfen dagegen schützt, aber Staub und Sand werden ho
die Luft geführt, die dadurch ein röthliches, bläuliches
gelbliches Ansehn erhält, je nach der Beschaffenheit des Bo

1 Dessen Reisen in Nubien. Weimar 1820 a. v. O.
2 Travels in Nubia. p. 204.

Digitized by Google

den Staub hergiebt. Der Samum weht wohl einige Stun-
anhaltend, aber die eigentlichen Wirbel dauern nur etliche
uten, dann steigt die Hitze bedeutend, und sie betrug bei
zu Esne von ihm erlebten 49°,5 C. Das Unangenehmste
daſs er die Ausdünstung hemmt, wie Burckhardt sich
rückt, das heiſst, daſs zwar die enorme Hitze den Schweiſs
eſst, die groſse Trockenheit aber diesen sofort wieder weg-
t und das Gefühl der mangelnden Ausdünstung erregt.
gleiche Weise trocknet er den Gaumen aus, erregt unaus-
chen Durst und dadurch Uebelkeit. Kämtz bemerkt
mit Recht, daſs die Caravanen, wenn dieses Schicksal
ſt, nicht durch den Sand verschüttet werden, wie man
von denen annimmt, die seit den Zeiten des Cambyses
in den Wüsten ihren Untergang fanden, sondern vor
umkommen. Dieses ist um so leichter möglich, da die
ten des brennenden Durstes zugleich Wassermangel her-
ten, sofern dieses auch aus den Schläuchen verdunstet,
Burckhardt[1] verlor im Juni 1813 zwischen Tor und
an einem Vormittage durch den Chamsin den dritten Theil
nhalte seines Schlauches, und im Mai waren auf dem
von Schendy nach Suakim durch den Samum schon um
fast alle Schläuche leer. Um die Wirkung dieser über-
en Ausdünstung zu mildern, beschmieren die Hirten ihre
dick mit Schlamm[2], eine auch in Persien herrschende
Die Araber bedecken ihr Gesicht mit ihren Mänteln
it einem Tuche, und knieen neben den Kameelen nie-
m den Staub zu vermeiden; die Kameele leiden am mei-
urch diesen, der ihnen in die groſsen hervorstehenden
getrieben wird, weswegen sie bei den Wirbeln den
erabsenken. Burckhardt sah auſserdem die vom Winde
gehobenen Sandsäulen, zweifelt aber, daſs sie das Leben
isenden gefährden.

7) Die Erfüllung der Luft mit Sand bei den heiſsen
n und die hierauf gröſstentheils beruhenden nachthei-
Wirkungen derselben hat Kämtz sehr überzeugend nach-

Nubia. p. 366.
Ker Porter Travels. T. II. p. 229.
W. Ouseley Travels. T. I. p. 203.

gewiesen. Ihn bemerkten nicht bloſs Bruce[1] in Abyssini
sondern auch Belzoni[2] und Denon in Aegypten, Rüppe
zu Tor am rothen Meere, Dobson[4] an den Küsten von G
nea und Andere in den Sandwüsten Asiens, Africa's und A
rica's. Denham[5] erzählt darüber: der Wind erhob den fe
Sand, der den Boden bedeckt, so daſs die ganze Atmosph
damit erfüllt war, und in dem groſsen unermeſslichen R
vor uns konnten wir kaum einige Ellen übersehn. Die S
war ganz verfinstert, und ein erstickendes, betäubendes G
bemächtigte sich unser, so wie wir die Sandmassen d
schritten; bisweilen verloren wir die Kameele ganz a
Gesichte, obgleich sie nur wenige Fuſs von uns entfern
ren, den Pferden hing die Zunge aus dem Maule, u
wollten nicht gegen den fliegenden Sand gehn.

Wegen dieses vielen mitgeführten Sandes hat man
schiedenen Winden den Namen *Sandstürme* beigelegt, und
hegen die Meinung, daſs ganze Caravanen, wie auch das
des Cambyses durch die Masse des Sandes überschütte
auf diese Weise vernichtet wurden, wogegen aber Kä
Recht bemerkt, daſs sie ohne Zweifel durch die ungla
Hitze und den quälenden Durst bei gänzlich fehlendem W
ser ihren Untergang fanden. Allerdings richtet der in g
Menge durch die Winde fortgeführte Sand unglaubliche
heerungen an, wovon bereits früher[6] Beispiele angeführt w
sind, allein diese werden nur durch die Länge der Zeit u
hiernach allmälig wachsende Masse erzeugt, inzwisch
zugleich die Sandstürme oder Sandwirbel[7] mitunter
groſsartig und den Reisenden höchst unangenehm. Si
schen vorzüglich in der libyschen Wüste, in A
Mesopotamien, in der Wüste Sind, in Beludchistan u.
wo starke und zuweilen heiſse Wirbelwinde den Sand
Höhe heben, beträchtlich weit fortführen und dann w

---

1 Reisen. Th. IV. S. 558.

2 Narrative. p. 195.

3 Reisen. S. 185.

4 Philos. Trans. 1781. p. 48.

5 Beschreibung der Reisen und Entdeckungen im nördlichen mittleren Africa. Weimar 1827. Th. I. S. 9.

6 S. Art. *Geologie*. Bd. IV. S. 1305.

7 Vergl. Art. *Wettersäule*.

Digitized by Google

sen. Die Oberfläche der Ebenen nimmt hierdurch die es mit Wellen bedeckten Meeres an, indem sie bis zu rer Ferne mit Sandhügeln bedeckt ist, welche an der schenden Winde entgegenstehenden Seite steiler, an gengesetzten flacher sind und mit dem Wechsel der genden Windrichtungen Ort und Gestalt verändern. in jenen Gegenden, namentlich ELPHINSTONE[1], POT- und Andere erzählen, daſs die Kameele über diese gehn können, sondern sich, nachdem sie auf dem er Hügel angelangt sind, auf die Kniee werfen und mit e herabgleiten.

diese Sandhügel erzeugenden und abwechselnd nach nen Orten hin führenden Sandstürme sind übrigens wendig oder allerzeit heiſs, vielmehr nicht selten ge- d zuweilen sogar kalt, je nach der Gegend, woher und sie unterscheiden sich daher wesentlich von den welche den sehr feinen Sand und Staub, einer Wolke hmasse ähnlich, mit sich führen, denn bei diesen die Hitze der bewegten Luft alle Vorstellung, wie selbst gefolgert werden muſs, wenn man die oben Temperatur des Sandes berücksichtigt, welcher im höchster Trockenheit unablässig den Sonnenstrahlen ist und dessen feinere Theile dann mechanisch in geführt werden. Speciell erzählt aber auch MUNGO ſs er während seiner Gefangenschaft am Südrande der Benown seine Hand nicht an die Risse der Hütte zu nochte, durch welche der Wind blies. Eine an- Vorstellung des Verhaltens giebt eine Erzählung DT's[4], welcher berichtet: „Als ich im Juni 1813 in und auf einem schnell laufenden Dromedare von h Siout reiste, überfiel mich zwischen Farschiout und in heftiger Samum. Sobald er sich erhoben hatte, h weder Bäume noch Häuser sehn, und während ich gt war, mir mein Gesicht mit einem Tuche zu be- wurde das Dromedar unruhig, weil ihm so viel Sand

---

ul. p. 492.
en durch Beloochistan und Sind. Weimar 1817. S. 196.
vels. p. 135.
ia. p. 206.

Digitized by Google

„in die Augen getrieben wurde. Beim Brausen des W..
„fing es an zu gallopiren, ich verlor die Zügel, fiel a..
„Erde, und weil ich keine zehn Ellen weit sehn konnte,
„blieb ich liegen und wickelte mich in meine Kleider, b..
„Wind vorüber war, dann verfolgte ich mein Dromeda..
„fand es in bedeutender Entfernung hinter einem Busche ..
„welcher seine Augen gegen den Sand schützte.“

38) Wie bereits oben (§. 35) bemerkt wurde, müss.. heiſsen Winde stets von den wasser- und baumleeren Wüste.. kommen, genauer aber giebt Kämtz ihre Richtung a.. Unterägypten[1] kommt derselbe aus SSW. und SW., .. am Meerbusen von Suez aus dem steinigen Arabien, .. NO., in Mecca[3] aus der Wüste Redsched, also aus O. .. Surate aus N., in Bassora[5] aus NW., in Bagdad aus W. .. in Syrien[6] aus SO., stets also aus der groſsen Wüste .. tralasien. Das Nämliche findet sich bei der Sahara in .. denn zu Benown[7] kommt er aus NO., ebendaher an .. gal[8], und an den Küsten Guinea's[9] kann man deutlich .. nehmen, daſs er seinen Ursprung stets in der groſsen .. hat. Die Wirkungen auf die animalische und vegetab.. Natur sind bei allen diesen Winden gleich, und wenn sie .. einigen Schriftstellern als nachtheilig, von andern als .. angegeben werden, so liegt die Ursache hiervon in Neb.. dingungen. Zählen wir die oben erörterten Angaben .. Samum zu den Uebertreibungen, so haben sie auſser der .. annehmlichkeit der drückenden Hitze und des lästigen S.. auf die menschliche Gesundheit keinen eigentlich nachth.. Einfluſs, hindern vielmehr faulige und ansteckende K.. ten, so wie die sonst so gewöhnlichen Fieber, auſser .. von sumpfigem, mit anhaltend stagnirendem Wasser ..

---

1 Volney Voyage. T. I. p. 58. Belzoni Narrative. p. 1.. .. buhr Arabien. S. 8. Dénon Voyage. p. 179.

2 Rüppell Reisen. S. 185.

3 Volney und Niebuhr a. a. O.

4 Ebendaselbst.

5 Beauchamp in Cotte's Mém. T. II. p. 215.

6 Niebuhr u. Volney a. d. a. O.

7 Mungo Park Travels. p. 258.

8 Golberry Fragmens. T. I. p. 228.

9 Dobson in Philos. Trans. 1781. p. 46.

Digitized by Google

en Gegenden herkommen. Auf die Pflanzen muſs die derselben je nach ihrer Beschaffenheit gleichfalls ver- eyn, und es darf uns nicht wundern, wenn Reisende Verdorren und Absterben der Blätter reden, denn den st feuchte Wärme zur Hervorbringung eines üppigen ms noch weit zuträglicher, als namentlich den Men- nen diese leicht die verderblichen Fieber bringt; star- er Hitze erliegen jene aber sehr leicht. Hiernach be- o aller der Hypothesen nicht, die man zur Erklä- rmeidlichen schädlichen Wirkungen der heiſsen Winde hat.

der andern Seite läſst sich jedoch nicht verkennen, n Europa genauer beobachteten heiſsen Winde eine liche erschlaffende Wirkung auf den menschlichen Kör- n, die stärker ist, als daſs man nicht einige Zweifel te, sie lediglich als Folge der bloſsen höheren Wärme ten. Zu den heiſsen Winden Europa's gehört vor- der *Sirocco*, von dessen Einfluſs auf das Klima ereits oben (§. 31) die Rede war; noch ungleich stär- iber seine Wirkungen zu Palermo, wenn anders Bry- ngaben volles Vertrauen verdienen. Dieser versichert nen, die sich lange in Malta und Spanien aufgehalten hört zu haben, daſs die dortige Hitze von der zu Pa- n Sirocco weit übertroffen werde. Beim Oeffnen des glich die eindringende warme Luft der aus einem heiſsen menden, eine Erscheinung, die auch in unsern Gegen- genommen wird, wenn plötzlich warme und feuchte eintreffen; näher bezeichnend ist aber die Angabe, daſs mometer in einer Laube, also voraussetzlich im Schatten, C. stieg. Hierbei darf jedoch nicht unbemerkt bleiben, Maximum[2] der Temperatur in Palermo nur zu 38° an- wird, was die genannte Bestimmung etwas verdächtig Im südlichen Spanien, in der Mancha und Andalusien, ch in Sevilla und Cadix herrscht der *Solano*[3], ein aus

---

leise durch Sicilien und Malta. Th. II. S. 53 u. 116.

S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 579.

Dillon Reise in Spanien. Th. II. S. 95 u. 148. Townsend Reise panien, deutsche Ueb. Th. II. S. 133. Nach Kämtz Meteor. S. 276.

Digitized by Google

SO. und S. kommender Wind, welcher sich durch seine H auszeichnet, Schwindel erregt und durch Ueberhitzung Blutes zu Ausschweifungen aller Art reizt. Auch zu weht im Sommer und Herbst nicht selten ein heiſser W welcher im hohen Grade lästig ist und als ein Zweig Sirocco betrachtet wird.

39) Es wird allgemein angenommen, daſs der Sirocc Sicilien und Neapel, der Solano in Spanien und der S auf Malta Fortsetzungen des aus der groſsen africanischen kommenden Windes seyen, welcher daher in Sicilien und lien den nämlichen Namen beibehält, den er an der africa Küste hat. Hier wehet er, namentlich nach Blasqu meistens im Herbst, dauert selten über drei Tage, ist sehr und bringt vielen Sand aus der Wüste, der den Pflanzen verderblich ist. Auf die Gesundheit der Menschen hat er nachtheiligen Einfluſs, indem damals dort seit dreiſsig nie von einer ansteckenden Krankheit die Rede gewesen doch schadet der Staub, wie immer, den Augen. Kämtz zweifelt indeſs, daſs namentlich der Sirocco in Palermo Italien, so wie auch der Solano in Spanien diesen Ur habe, letzteren leitet er vielmehr von den trocknen E Andalusiens ab und der erstere soll seine Hitze durch trocknen Felsen Siciliens erhalten. Als Argument hierfür gelten, daſs er gerade in Palermo weit drückender ist, einem sonstigen Orte Siciliens und Italiens, ungeachtet Ort an der entgegengesetzten Seite der Insel liegt. man aber die dortigen heiſsen Winde aus Africa ablei sey wenigstens gewiſs, daſs dieser Luftstrom, der sich mittelländischen Meere nothwendig abkühlen müſste, trocknen und von der Sonne stark erhitzten Gegenden des lichen Italiens und Siciliens einen neuen Grad von Hitze er

Je gröſser die Autorität des Physikers ist, welcher Behauptung aufstellt, desto gewichtiger müssen die Argu seyn, die man ihr entgegenstellt, und solche sind, nach Ansicht, allerdings vorhanden. Zuvörderst ist das Zeu Brydone's über die übermäſsige Hitze in Palermo schon wankend gemacht worden, und gesetzt auch, dieser Reisende

---

1 Briefe aus dem Mittelländ. Meere. Weim. 1821. S. 30.

2 Meteorologie. Th. I. S. 277.

Sirocco zu Palermo viel heiſser gefunden, als zu Neapel, onnte dieses immerhin zufällig seyn, denn an keinem die- eiden Orte ist er jederzeit gleich drückend. Die gröſsere des Sirocco, als die des Solano in Spanien, dürfte wohl davon abzuleiten seyn, daſs der Harmattan, um nach en zu gelangen, zuvor über das Atlasgebirge strömen theils von den kalten Luftmassen, die in Spanien allezeit len hohen Bergspitzen in die Ebenen herabsinken und die e Hitze mildern. Betrachten wir ferner den Sirocco als Südwind, so gelangt derselbe über die Ebene östlich funis gerade zur Westspitze Siciliens, ohne durch den Aetna aufgehalten zu werden, und von hier aus in etwas Osten gehaltener Richtung, die er in Folge der Rotation de annehmen muſs (§. 4 u. a.), nach Neapel. Die nach nterhalb dieser Stadt liegenden Ebenen sind weder groſs noch erlangen sie wegen der Nähe des Meeres eine liche Hitze, um solche Winde zu erzeugen, als der in Neapel ist. Endlich bin ich geneigt zu glauben, e Samums der Wüsten zwar in diesen selbst eine hori- Richtung haben können, allein mit dieser werden sie is zu groſsen Entfernungen gelangen; ist letzteres der o haben sie sich gehoben und sinken dann durch die ihrer schnellen Bewegung wieder herab. Hiernach möchte auch die gemeine Annahme, daſs der Sirocco bei seinem ichen über das mittelländische Meer feucht werde, in ziehen, vielmehr scheint er mir, hoch über demselben chend, seinen Zustand der erschlaffenden Hitze da bei- ten, wo er niedersinkt. Als sehr beweisend hierfür und pt das ganze Verhalten sehr erläuternd betrachte ich as genauer bekannten Erscheinungen des *Föhns.* Dieser sich keineswegs als einen feuchten Wind an, wie die- sind, welche dem südlichen und westlichen Europa die nden Regengüsse vom mittelländischen Meere und von ntischen Ocean zuführen, vielmehr zeigt er sich ganz als ocknen Wind, welcher die Kraft der nördlichen Luft- gen überwältigt und vielleicht mit Unterstützung der Bergspitzen ohnehin herabsinkenden kälteren Luft- sich in die Alpenthäler stürzt. Diesem gemäſs müſsten nach annehmen, daſs die emporgehobenen Samums der hoch über Berge und Meere fortgehend sich an ver-

Digitized by Google

ungleich entfernten Orten niederſenken und ... ſelbſt unnatürlich heiſsen Winde erzeugen.

... ich würden wir alſo im europäiſchen Sirocco, ... Föhn und in den unnatürlich heiſsen Winden ... Frankreichs, ja ſelbſt des mittleren bis zum ... Deutſchland, den eigentlichen Charakter der Sa... beträchtlich gemildert, wiederfinden. Daſs der ... deutend hohen Breiten gelange, ſcheint mir ... Ich ſelbſt habe an einem heiſsen Tage im Juni ... ver auf einem trocknen ſonnigen Boden ein Th... einem Pfahle ſo aufgehängt, daſs es ſich im Schatten ... s befand. Es herrſchte Windſtille bei drückender ... heiterem Himmel, nur in einzelnen Abſätzen ... Intervallen ein Südwind, durch welchen jedesmal ... ter, anſtatt zu ſinken, allezeit um 1°,5 bis ... n Nachlaſſen desſelben aber wieder fiel. Beurtheilt ... ch den Samum nach dem, wie ſich dieſe ... gen, ſo iſt er nichts weiter als ein ſehr heiſser ... Wind. Allerdings ſcheint ſeine, bis zur kraftlosen ... ſchwächende Eigenſchaft ſtärker, als daſs man ... der Hitze abzuleiten geneigt ſeyn könnte, und ... n ſeinen, dem Wohlbefinden nachtheiligen, ... gert denkt, ſo dürfte man auf ſchädlichere Wirkungen ... in den Wüſten ſelbſt ſchlieſsen, als die ... ſie angeben; allein es läſst ſich von der ... en, daſs die Erſchlaffung des heiſseren Sa... gewöhnten Africaner und Aſiaten nicht nachtheiliger ... die des bereits kälteren bei dem gegen die ... hern Europäer.

... Will man die in Europa wehenden heiſsen ... ableiten, ſo findet es Kämtz[1] unbegreiflich, wie ... ſüdlichen Ruſsland gelangen ſollten, wo ſich ... Angabe von Pallas[2] dieſelben allerdings finden ... Juli namentlich bei Zarizim, ſind heftig, ... den Staub hoch in die Höhe, fangen gewöhnlich ... Uhr nach Mittag an und dauern nie länger ... nacht. Insbeſondere ſind ſie den Schafen ...

---

1 ... orologie. Th. I. S. 278.
2 ... n Reiſe. Th. III. S. 643.

Digitized by Google

;, die in Menge dabei zu Grunde gehen. Die Steppen-
: können sie nicht erzeugen, denn sonst wären sie nicht
ten schwerer Gewitter.

Hierüber läſst sich nur wenig sagen, da die Thatsachen
wegs genügend bekannt sind, mindestens kenne ich
r nichts weiter, als was hier mitgetheilt worden ist. Kämen
Winde wirklich aus einem andern Welttheile, so müſsten
Asien und zwar aus Arabien kommen, welches unge-
dieser Richtung südlich liegt, und die Unmöglichkeit,
m dort die aufsteigenden heiſsen Luftmassen sich erst
em südlichen Ruſsland wieder herabsenken, läſst sich
em, was wir vom Sirocco wissen, wohl nicht stringent
n. Dabei bleibt aber die Zeit, welche sie genau inne
sollen, immer ein unauflösliches Räthsel. Nehmen wir
, daſs auch hierbei, wie sonst so oft, Uebertreibungen
hergelaufen sind, so dürfte das Phänomen im Ganzen
äthselhaft seyn. Südliche Luftströmungen, an sich schon
können über den weiten, zuweilen sehr trocknen, Step-
en ungewöhnlichen Grad der Wärme annehmen und bei
der Dauer den Schafen, wenn ihnen nebenbei frisches
ser mangelt, sehr nachtheilig werden, ohne gerade
zu seyn. Auſserdem aber erlangen die Winde in
genden, wo keine hohen Berge ihnen Hindernisse ent-
llen, einen unglaublichen Grad der Heftigkeit, und es
daher die heiſsen schon hierdurch allein ebensowohl
che Wirkungen haben, als die kalten (§. 44). Sind sie
Vorboten schwerer Gewitter, so dürfen wir auf einen
Wassergehalt derselben schlieſsen, den sie vielleicht
 schwarzen Meere erhalten haben.

scheint mir erforderlich, hier noch eine Bemerkung
ügen, welche einem gangbaren Irrthume zu begegnen
möge. Man findet häufig den *Mistral* im südlichen
h als dem Föhn und dem Solano gleichend, mithin
Fortsetzung des Sirocco angegeben; allein nach den
Untersuchungen Fournet's[1] kann dieses auf keine
er Fall seyn. Der *Mistral*, oder nach den verschie-
vinziellen Benennungen *Mistraou*, *Magistral*, *Meistre*,

—

cherches sur la distribution des Vents dominants en France.
erschienene Monographie.

Vent de Cers, bei den Römern *Circius*[1] genannt, ist ein südlichen Frankreich wehender, sehr heſtiger NW., zuw ganz nach N. übergehender Wind, welcher sich vom L über den Meerbusen von Lyon herabstürzt, in seiner Fortse über den Hafen Mahon auf Minorca hinstreicht und als e licher Nordwind bis nach Algier gelangt. Meistens ist e trocken und dadurch erkältend, bei minderer Stärke a genehm kühlend, und dauert bei groſser Heſtigkeit nur oder etliche Tage, bei minderer dagegen zuweilen Wochen. Zu Toulon und Marseille bringt er heiteres W nimmt zuweilen bloſs die höheren Regionen der At ein, in der Regel aber die unteren, und zieht im Falle, wenn er länger anhält, die höheren Luftbewegu sich hinein. Behält er seine eigentliche nordwestliche R bei, so gelangt er nach den Küsten Italiens. Führt er Regenschauer herbei, so geht er leicht in Stürme über, aber von heſtigen Niederschlägen begleitet, so wehet schwach, wie dieses sich namentlich bei den schrec Ueberschwemmungen im Herbste 1840 zeigte, wo er n Tag etwas merklich wehete, statt daſs er den ganzen gegangenen Sommer hindurch sich durch seine Hi Trockenheit auszeichnete. In den Sommern 1771, 17 zeigte sich der Mistral nicht, sie waren aber auch ausge durch Hitze und Feuchtigkeit. Wenn nach den Beob von Poitevin zu Marseille heſtige S.- und SO.-Wi vielem Regen geherrscht haben, so pflegt sich der Mi dann einzustellen und heiteres Wetter zu bringen, w Wind durch SO., O. nach NO. herumgegangen ist in letzterer Richtung festsetzt. Wollte man dieses ei Auge fassen, so könnte man vermuthen, daſs beim wie beim Föhn, ein Kampf zwischen den südlichen u lichen Luftströmungen statt fände und also heſtige Re ständen, wenn die ersteren, heiteres Wetter dagegen, w letzteren die Oberhand erhalten, mit Rücksicht auf eine und obere Strömung beider und ihre Vereinigung. Da

---

1 Ein aus Gallia Narbonensis kommender, für Rom also e westwind, sehr heſtig, wahrscheinlich nach dem griechischen *κιρκός*, *gyrus*, wegen seiner wirbelnden Bewegung benannt. H. N. L. II. c. 47. L. XVII. c. 2. Seneca Q. N. L. V. c. 17. N. A. L. II. c. 22.

ztere, die Vermischung beider, nicht allezeit, wenn auch Regel, Niederschläge entstehn, glaube ich vielen Er-'en gemäſs annehmen zu dürfen, denn beide können rocken seyn, da sich die Eigenschaft unglaublicher iheit den heiſsen Winden nicht absprechen läſst, und lieſse sich dann die Wärme erklären, die dem Mistral t wird, sowohl wenn er schwach wehend Niederschläge als auch wenn er bei gröſserer Stärke heiteres Wetter irt.

Die bisher betrachteten heiſsen Winde sind die am ı und auch wohl am genauesten bekannten, weil die n, denen sie angehören, schon lange des Handels wegen cht wurden; sie sind auſserdem wohl die heftigsten, Gegenden zu ihrer Erzeugung die geeignetsten Be-n darbieten. Da die letzteren aber auch an andern genügender Stärke vorhanden sind, so müssen sie sich gleichfalls zeigen. Man findet sie daher am westlichen Wüste Kobi[1], selbst in einigen Gegenden Hindostans[2] den Llanos in America nach anhaltender Dürre[3]. Darf Erzählungen Haafner's[4] volles Vertrauen schenken, so ı die Wirkungen der heiſsen Winde, welche an der ixa und Coromandel periodisch wehen, selbst die der ricanischen und asiatischen Wüste, wo nicht an abso-ke, doch durch die Steigerung in Folge längerer Hiernach dauert die Zeit der in ungleich langen Pe-henden heiſsen Winde etwa sechs Wochen im April ınd man sucht sich darauf durch Aderlässe vorzube-Man hält mit Recht," sagt er, „den Strich der Erde n Aequator für den heiſsesten; ich habe beinahe ein lbst gewohnt, ja ich habe einmal wegen Windstille, litze auf dem Meere doppelt so heftig ist, als auf de, vierzehn Tage auf einem Schiffe unter dem zugebracht; die Sonne sticht und brennt glühend, dieses alles nichts gegen die erstickende Hitze zu nten Zeit in Masulipatnam. In der ersten Woche ist

---

[1] ...er's Erdkunde. Th. I. S. 498.
[2] ...stia Reise. Th. I. S. 134. Th. II. S. 258.
[3] ...oldt Voyage. T. VI. p. 93.
[4] ...e längs der Küste Orixa und Coromandel. In Sprengel's ... XXXIX. S. 102.

Digitized by Google

„sie noch etwas erträglich, doch nimmt sie dann von Tag
„Tag so sehr zu, daſs man am Ende nicht mehr weiſs, w
„man sich wenden soll. Das Athmen wird kurz und sch
„Gesicht und Hände werden versengt, die Haut wird tro
„wie Pergament, alle Ausdünstung stockt und kein Mittel
„sie wieder herstellen[1], man bekommt Kopfschmerz mit
„entzündung, so daſs man nicht schlucken kann, währe
„unausstehlicher Durst die Plage vermehrt; das einzig
„leichterungsmittel ist, den gröſsten Theil des Tages in
„hinzubringen. Die sonst so heitere Atmosphäre ist mi
„erfüllt, welcher dem Horizonte eine trübe blaue Fa
„die Sonne erscheint als eine violette Scheibe, Teiche u
„trocknen aus, das Laub verdorret, die Vögel such
„Dickicht, die wilden Thiere verkriechen sich in ihre
„und es herrscht eine Todesstille. Der Wind ist
„stürmisch, der aufgewirbelte Sand trübt die Atmosph
„deckt alles und dringt in die festverschlossenen Gemäch
„weilen ist er in solcher Menge vorhanden, daſs er de
„Nacht verwandelt und dann wieder glühend heiſs her

Bis so weit bleibt alles in den Grenzen des Glau
was aber Haafner weiter über die Wirkungen hinzuf
innert unwillkürlich an die über den Samum verbreit
beln. Hiernach ist es gefährlich, besonders um Mi
dem Hause zu gehn, weil die Luft zu sehr mit ele
Feuer geschwängert seyn soll, so daſs man die Strah
selben an der Erde hin und her fahren sieht und auf
stirbt, wenn man das Unglück hat, diese einzuathm
umwickelt daher Mund und Nase mit Tüchern, abe
erliegen alle Jahre mehrere Menschen diesem Ueb
ganzer Körper dann blaue Flecke erhält und aufsch
wären sie vom stärksten Gifte getödtet worden.

Die unerträgliche Hitze wird durch den Landwin
der um die Mitte der heiſsen Jahrszeit über die M
sandigen Heiden wehet, welche Masulipatnam auf der
umgeben. Er erhebt sich gewöhnlich Morgens um
und dauert ununterbrochen bis Nachmittags um vier
der Seewind, der die ganze Zeit als eine Wolke

1 Dieser scheinbare Mangel an Ausdünstung beruhet au
lichen Gründen, als beim Samum. §. 36.

Digitized by Google

ıte ruhte, endlich durchbricht und mit seinem friſchen die abgematteten Geſchöpfe erquickt. Zuweilen ge- es aber, daſs der Landwind im Kampfe mit dem See- die Oberhand behält und dieſen bis ans Ende des Ge- eises zurücktreibt, so daſs auf einen heiſsen Tag eine eiſsere Nacht folgt. Natürlich ist dieſe zugleich weit ıehmer, denn die Luft ist dann noch dicker und das noch beſchwerlicher, an Erholung durch Schlaf aber ıe Weise zu denken.

) Die Urſache, welche allen bisher genannten heiſsen ı diese ihre Eigenſchaft ertheilt, ist leicht aufzufinden, egs aber ist dieſes der Fall bei denen auf Neuholland, ja llte nach der Localität vielmehr kalte Winde aus der- Gegend erwarten, aus welcher sie kommen. Inzwiſchen Zeugniſse hierüber so übereinſtimmend, daſs die That- einem Zweifel unterliegen kann. Die Inſel ist bekannt- ı südöstlichen Theile vorzugsweiſe angebauet und auf egenden, namentlich Sidney, Port Jakson u. s. w. be- ſich auch die Nachrichten von den dort herrſchenden Winden. Von hier aus gerechnet hat die Inſel nach ıd N. eine zuſammenhängende Kette von Bergen, die sind, daſs alle bisherige Versuche, sie zu überſteigen, t vergeblich waren. Nach der Höhe und Ausdehnung erge wäre zu vermuthen, daſs die dorther wehenden kalt seyn müſsten, allein gerade das Gegentheil findet d da die Beſchaffenheit jener Gegenden ganz unbekannt wäre es voreilig und anmaſsend, Hypotheſen über die wirkſamen Urſachen aufzuſtellen. Peron[1] erzählt „Nicht nur bringen die Nord- und Nordweſt-Winde älte, sondern sie sind vielmehr für die Grafſchaft ınd glühende Winde, die man mit dem Fürchterlichſten en kann, was Africa hiervon aufzuweisen hat. Ihr der Hauch zerstört alles, was seiner Wirkung ausge- ; nichts widersteht der Hitze dieſes *Samum der Süd-* wenigen Augenblicken welkt die kräftigſte Vegetation r ihm her vertrocknen Quellen und Bäche, und selbst e sterben zu Tauſenden unter seinem unglücklichen ." Hiermit übereinſtimmend lautet die Erzählung von

1 ſe, d. Ueb. Th. I. S. 331.

Collins[1], welche bereits oben[2] zum Beweise der nur zuw
eintretenden, gleichsam unnatürlichen Wärme benutzt wurde.
gleiche Weise endlich erzählt John Liddiard Nichol[3].
Januar 1814 wehete dort der Wind aus NW., welcher allezeit
heiſs ist, damals aber eine solche Hitze brachte, daſs das T
mometer auf 45°,6 C stieg und selbst die Vögel in den
figen davon starben.

43) Wie die veränderlichen Winde überhaupt, stehn
die heiſsen mit Gewittern im genauen Zusammenhange. H
führt schon ihr wirbelartiger Charakter, denn häufig sind
eigentliche Wirbelwinde, wie schon aus der Menge des a
hobenen Sandes hervorgeht, oder sie sind von diesen beg
die wiederum, wenn sie sich als eigentliche Wettersäulen
bei weitem in den meisten Fällen mit Gewittern verbunden
Inzwischen erwähnt auch Dénon[4] ausdrücklich, daſs w
des von ihm erlebten Chamsins am Nil ein Platzreg
Mokatam alles überschwemmte, und aus den Angaben
Rüppell[5] läſst sich folgern, daſs die heiſsen Winde h
mit den heftigen Gewittern im Zusammenhang stehn, d
dann am Sinai entladen.

44) Den heiſsen Winden stehn die kalten entgegen
denen jedoch keineswegs ein gleiches Aufheben gemacht
als von jenen, indem vielmehr die Reisenden sie nur k
erwähnen. Der Grund hiervon liegt in dem Umstand
die Menschen auf kurze Zeit hohe Grade der Kälte wei
ter ertragen und sich ungleich besser dagegen schützen k
als gegen den Einfluſs der unglaublichen Hitze in den
wüsten der äquatorischen Zone. Im Allgemeinen pfleg
die Wärme der Winde überhaupt nicht als etwas Wes
besonders zu beachten, man redet von ihren übrigen
schaften und betrachtet dabei die Temperatur dersel
Nebensache, weil diese in der Regel die zu dieser Ze
schende oder wenig davon abweichend ist. Nur ausnahm
sind die Winde zuweilen im Winter vor heftigen Stürm
warm und im Sommer nach starken Gewittern in Fe

1 Account of New-South-Wales. p. 153.
2 Vergl. Art. *Temperatur.* Bd. IX. S. 463.
3 Reise nach Neuholland. Weim. 1819. S. 393.
4 Voyage. p. 179.
5 Reisen. S. 185.

Digitized by Google

ſinkenden oberen Luftmaſſen ſehr kalt[1], im Allgemeinen je nach der Jahreszeit kalt oder warm, ohne daſs dieſes rkt zu werden verdient, und nur dann werden ſie nach r ihrer Eigenſchaft eigens bezeichnet, wenn ſie ſich durch he ſehr auffallend auszeichnen. So wie es hiernach hen betrachteten heiſsen Winde giebt, kennt man allerauch kalte, die ſich auf gleiche Weiſe durch eine Temr tief unter der mittleren der Umgebung, wie jene durch über derſelben auszeichnen. Eine Unterſcheidung der n und kalten Winde kann alſo nicht darauf beruhen, daſs derſelben über, andere unter einer gewiſſen Grenze temſind, denn überall finden dieſe Unterſchiede ſtatt, wie n Europa ſich die ſüdlichen und weſtlichen hierdurch n von den nördlichen und öſtlichen unterſcheiden, ſonr Unterſchied muſs hervorſtechend und durch ſpecielle n herbeigeführt ſeyn.

lte Winde zeigen ſich häufig in etwas längeren Thänn Seitenthäler auf ſie ſtoſsen, aus denen, wenn ſie in dſeite der Berge einſchneiden, die kalte Luft herabflieſst en dem Hauptthale eigenthümlich zugehörigen Wind Vorzugsweiſe kalt ſind ſie dann, wenn ſich das Eis hälern den ganzen Sommer hindurch erhält, und da pfgehalt der Luft mit der Temperatur wächſt, ſo müszugleich in einem hohen Grade trocken ſeyn. Solche l trockne Winde giebt es vorzüglich im hohen Aſien, , die im Winter oft mehrere Tage aus N. und NO. : Haut ſpringen und die Meubels reiſsen machen, und n Reiſender widerſteht, wenn ſie zu Stürmen überwelchem Falle ſie *Buranen* genannt werden. Der : Sounders und ſeine Gefährten verloren durch dieſe ſt alle ihre Geſichtshaut. Ein eigentliches Gegenſtück iſsen Winden liefern ferner die kalten und ſchneiVinde, welche nach Pottinger[2] in der Wüſte von ſtan während der Sommermonate zuweilen wehn. Sie nerwartet, wenn der Himmel bis auf einige kleine n NW. ganz rein iſt, nach vorausgegangener drückenile und nach den zahlreichen kleinen Wirbelwinden,

---

[1] gl. Brandes Beiträge. S. 370.

[2] ſen durch Beloochiſtan u. Sind. Weim. 1817. S. 202.

by Google

die den Sand in ungleich dicken Säulen, wie die Wetten
in die Höhe heben. Der kalte Wind ist meistens von hef
Regengüssen begleitet, hält nur etwa eine halbe Stunde
verdunkelt die Luft so, daſs man auf zehn Schritte nie
sehn kann, und ist so heftig, daſs die Reisenden sich h
ihren Kameelen verbergen müssen, um ihn auszuhalten. Er
den Nutzen, daſs er die drückende Hitze jener Gegenden
einige Zeit mildert. Diesen Stürmen ähnlich, aber un
verheerender, sind die kalten Stürme, *Winga* genannt, w
mit Schneegestöber begleitet, mehrmals im Jahre die ru
Steppen heimsuchen. Sie sind zwar durch ihre hohe
gefährlich, weit mehr aber durch ihre Gewalt, welche s
ist, daſs niemand auch bei der gröſsten Dringlichkeit sich
dem Hause wagt, Reisende aber sogleich einkehren oder i
Richtung der Wiuga das nächste Unterkommen suchen. De
kommen mehrere Menschen, die dadurch überrascht werden
das Vieh in den Ställen muſs hungern und dursten, weil
mand vom nahen Futter oder Wasser zu holen vermag
Freien aber kommen ganze Heerden um, die in Schneeschl
gewehet werden oder in wilder Flucht sich hineinstürzen
Dauer beträgt meistens drei Tage[1].

Hieran reihen sich dann die *Schneestürme*, von
bereits die Rede war[2], die sich indeſs nicht sowohl durc
Kälte, als vielmehr durch ihre Heftigkeit auszeichnen.
gleiche Weise heftig, als in Norwegen, aber ungleich
sind sie in Neufundland, wo sie aus allen Richtungen k
das in Eis verwandelte Seewasser über die Ufer treibe
den Boden überall sehr bald mit tiefem Schnee bedeck
cher den Eingang in die Häuser versperrt[3]. Solche S
stürme finden sich indeſs nicht bloſs in kalten Gegenden
höheren Breiten, sondern auch in südlichern, durch hohe
merhitze ausgezeichneten. So erzählt KER PORTER[4] von
die zu Tabriz (Tebris, Tauris, in Persien) herrschen und
zuweilen für ganze Gesellschaften lebensgefährlich sind

---

1 S. KOHL im Magazin für d. Literatur des Auslandes.
Berghaus Ann. 1839. Dec. p. 277.

2 S. Art. *Schnee*. Bd. VIII. S. 564.

3 Geschichte und Beschreibung von Neufundland und d. Kü
Labrador. A. d. E. von C. A. ANSPACH. Weim. 1822. S. 141 u.

4 Reisen u. s. w. Weim. 1823. S. 292.

Digitized by Google

it erlebte dort einen solchen, wobei die Kälte bis — 10°,5
während der Nacht sogar bis — 21° C. herabging und
Gegend mit mehrere Fuſs hohem Schnee bedeckt wurde,
her bis in den März liegen blieb.

45) g) Bei weitem die gröſste Zahl der Winde sind die *ver-*
rlichen, weswegen man häufig nur regelmäſsige und verän-
che zu unterscheiden pflegt. Sie sind über den gröſsten Theil
rde verbreitet, rücksichtlich ihrer Stärke von den langsamsten
gungen bis zu den heftigsten Orkanen verschieden, und unter-
n rücksichtlich ihrer Richtung keiner Regel, mit Ausnahme des
neinen Drehungsgesetzes, wovon später die Rede seyn wird.
Aus den im ersten Abschnitte (A) angestellten Unter-
ngen geht hervor, daſs partielle Erwärmungen oder Er-
ngen der Luftmassen als alleinige Ursache der Winde an-
n sind, und so müssen auch die veränderlichen hieraus
itet werden; allein es ist nicht wohl möglich, auch den
rung dieser auf gleiche Weise unmittelbar hierauf zurück-
ren, wie bei den bisher betrachteten geschehn ist, weil
nderweitig bedingenden Umstände so zahlreich und zu-
n so wirksam sind, daſs es Mühe kostet, die ursprüngliche
he wieder aufzufinden. Inzwischen geht Folgendes leicht
nverkennbar aus der Natur der Sache hervor. Wenn die
unter der äquatorischen Zone auf eine solche Weise er-
wird, wie sich aus der Entstehung des Passate entnehmen
und wenn sie daher mit einer ihrer erhöhten Wärme zu-
enden Geschwindigkeit aufwärts strömt, oben wieder ab-
, die kalten Luftmassen von den Polen her dagegen her-
ömen und in den verdünnten Raum eindringen, in den
n Regionen aber die wärmere Luft nach höheren Breiten
bflieſst, so wird hierdurch allein schon eine Bewegung des
n groſsen Luftoceans entstehn, welche mit den gehörigen
ficationen an jedem gegebenen Orte Winde zu erzeugen
tande seyn muſs. Es läſst sich denken, daſs auf einer
ll ebenen Erdkugel diese Hauptströmung der kälteren Luft
den Polen zum Aequator über der Erdoberfläche und um-
hrt der wärmeren vom Aequator zu den Polen in den
en Luftregionen die einzig statt findende wäre, wonach
t die Windrichtung an allen Orten sich stets gleich und
it bestimmbar seyn würde. So wie ferner die von den
n herzuströmende Luft gegen den Aequator hin in Folge

Digitized by Google

der Erdrotation auf der nördlichen Hemisphäre eine nordöstl
auf der südlichen eine südöstliche Richtung annimmt, mu
gleicher, aber entgegengesetzt wirkender Ursache die obe
flieſsende Luft auf der nördlichen Halbkugel eine südwest
auf der südlichen eine nordwestliche Richtung erhalten.
nothwendig bedingte Erscheinungen finden wirklich statt,
wenn wir dieselben genau ins Auge fassen, so läſst sich
ermessen, was für eine Menge veränderlicher Winde e
schon dadurch gegeben wird, daſs diese beiden Hauptströ
gen durch Aufſteigen oder Herabsinken partieller Luft
an irgend einem Orte gegen einander stoſsen und n
jederzeitigen ungleichen Stärke der einen oder der ande
selben eine mittlere Richtung annehmen.

46) Sofern die Erdoberfläche zum Theil aus Wasse
Theil aus festem Lande besteht, letzteres an vielen Ort
hohen und in steilen Spitzen emporragenden Bergen
ist, auſserdem aber die stärkste Erhitzung des Bodens
über ihm ruhenden Luft wegen örtlicher Einflüsse un
Breitengraden zugehören kann, dürfen wir auf keine W
angegebenen oberen und unteren Luftströmungen als
statt findend erwarten; daſs sie inzwischen im Allge
wirklich vorhanden sind, dafür zeigt die Existenz der
winde und in Beziehung auf die minder leicht wahrne
obere eine Menge von Phänomenen, die im Verfolge d
tersuchungen sich ergeben werden. Ein auffallendes B
liefert die oben (§. 32) erwähnte Erscheinung des Föhn
cher in Gemäſsheit seiner hohen Temperatur, die nach
Angaben zuweilen über 40° C. hinausgeht, nur aus Luft
bestehn kann, welche von der africanischen Wüste au
in bedeutender Höhe von Süden nach Norden herbe
seyn müssen und diesseit der Alpen eine südwestliche
tung annehmen. Inzwischen sind die Ursachen, wel
normale Richtung sowohl des unteren, als auch des
Hauptstromes abändern, so vielfach und so wirksam, d
dieselbe mitunter gar nicht mehr zu erkennen vermag.
her gehören vor allen Dingen partielle Erwärmungen m
und pflanzenleerer Ebenen, umgeben von bew[illegible]
gar waldigen oder gebirgigen Districten, über denen a
nigen Tagen ein starker Luftstrom aufsteigt und di
schende Windrichtung bedeutend modificirt. Auf ein

Digitized by Google

ɛngesetzte Weise wirken nicht sowohl Berge überhaupt, ɪptsächlich mit Eis und Schnee bedeckte Kuppen und letschern erfüllte Thäler, wodurch die Luft abgekühlt ınd im Verhältniſs der Höhe mit groſser Geschwindig- rabsinkt. Noch weit stärker, als diese kalten Winde Thälern des Neckars und des Rheins (§. 25) sich zei- werden sie in der Nähe hoher Berge selbst auf der See nommen, und Kämtz[1] leitet aus dieser Ursache die ı Stürme an Norwegens Küsten und in Finnmarken ab, nen Leopold v. Buch[2] erzählt, und die um so leichter tstehn können, je mehr die Wärme des Meeres die der Felsenküsten übertrifft. Die Thäler der Schweizeralpen[3], aller Hochgebirge sind wegen der darin herrschenden bekannt, und daſs diese sich auch in den Cordilleren erwähnt v. Humboldt[4].

ne specielle Untersuchung ist diesen Winden, nament- nen, die sich im Rhonethale zeigen, durch Fournet[5] il geworden, wovon wir hier der Kürze wegen nur Hauptsachen mittheilen wollen. Aus dem Münsterthale ıſs strömt jeden Abend nach windstillen und warmen ein auffallend kalter Wind in die Ebenen von Colmar, : dort *Thalwind* heiſst, und ebenso in den längeren um 9 bis 10 Uhr, in den kürzeren um 6 Uhr der dort ınnte *Pontias* in die Gegend von Nyons im Departe- er Drome. Seine Stärke wächst im Fortgange der Nacht, ıt Aufgang der Sonne schwächer und hört dann nach Stunden ganz auf. Seine Kälte ist, selbst im heiſsen r, so energisch, daſs er zuweilen Reif erzeugt; an ein- sehr heiſsen und auch an regnerischen Tagen bleibt er n aus, auch wurde er bei dem tiefen Schnee im Win- 9 auf 1640 nicht beobachtet. Ueber seinen Ursprung t unter andern die Fabel, daſs der heilige Cesaris den

Meteorologie. Th. I. S. 214. Da diese Stürme eine nordwest- mithin eine auf die Küste im Ganzen perpendiculäre Richtung und meistens warm sind, so dürfte die Ursache ihrer Entste- ne mehr zusammengesetzte seyn. Vergl. §. 97.

Reise nach Norwegen und Lappland. Th. II. S. 40 u. 91.

Scheuchzer Naturgeschichte des Schweizerlandes. Th. III. S. 8.

Voyage. T. VII. p. 211.

Des brises de jour et de nuit autour des montagnes (Extrait de ɔrologie du Bassin du Rhone). 4.

Wind des Meeres in einem seiner Handschuhe gefangen gegen den Felsen geworfen habe. In einem andern, nicht entfernten Thale herrscht um Mittag, hauptsächlich an hei Tagen, ein Wind, *Vesine* (böser Wind) genannt, welcher das Dorf Pilles hinaus sich in der Ebene ausbreitet. Ein Wind, *Solore* genannt, kommt aus einem Thale unweit S lans und folgt dem Laufe der Drome; manche kalte W jener Gegenden haben eine so niedrige Temperatur, daſs den Thälern, wenn diese sehr erhitzt sind, oft aus eine heiſsen Luftschicht unmittelbar in eine sehr kalte kommt. liche sollen aus den Thälern zu Chateau-neuf-de-B zu Benivai, zu St. Mai und zu Venterol herrschen, und F NET selbst fand sie zu St. Eulalie und St. Laurent, auch terliegt es keinem Zweifel, daſs sie sich noch auſserdem an andern Orten finden, ohne jedoch bis jetzt genauer besch worden zu seyn. Wenn wir auſser diesen sehr entsch den Beispielen berücksichtigen, daſs FOURNET bei aufmerk Untersuchung dieser Phänomene noch eine Menge äh partieller Luftströmungen auffand, z. B. im Thale von gue, von Brevenne und von Gier an der östlichen Sei Lyonesischen Gebirge, und im Thale von Ondaine an der gegengesetzten westlichen Seite, daſs er ferner ihr Vorh seyn in den Alpenthälern von Maurienne, Aosta und andern nachgewiesen hat, so müssen wir hiernach schl daſs sie nicht nur sehr häufig, sondern in allen zu ihre stehung geeigneten Thälern vorhanden sind. Sie zeigen vorzugsweise als kalte, aus den Thälern in die Ebenen wehende Winde, aber auch entgegengesetzt als aufwär mende, wenn genügend ausgedehnte Flächen die Er eines hinlänglich starken aufsteigenden Luftstromes in starker Erwärmung durch die Sonnenstrahlen gestatten. unter sind beide an den nämlichen Orten vorhanden wechseln nach den Tagszeiten, indem sie zugleich vo Stärke örtlicher Erhitzungen und Abkühlungen abhängen. sind am heftigsten in engen und von groſsen Höhen sich abziehenden Thälern, und werden schwächer, wenn sie weiter ausbreiten; wechseln beide mit einander, so tritt Zwischenperiode unbestimmter Schwankungen ein, deren fang und Dauer von den Jahreszeiten und der herrsche Witterung abhängt. Die Configuration der oberen Theile

er ist von bedeutendem Einfluſs auf das Entstehn dieser
de nach den Tags- und Jahreszeiten. So zeigen sie sich
age hervorstechender zu Maurienne, bei Nacht zu Nyons,
Vinter mit seinem Schnee begünstigt den Nachtwind mehr
den genannten Orten, der Sommer mehr den Tagwind
laurienne, an einigen und wohl an den meisten Orten
die oberen, etwas starken Winde diese örtlichen gänz-
mf, an andern, z. B. im Thal Sesia, können sie sie nicht
unterdrücken, und wenn die periodischen eine umgekehrte
ing erhalten, so ist dieses meistens ein sicheres Vorzei-
nachfolgenden Regenwetters. Auch örtliche Temperatur-
tnisse können die Entstehung dieser Winde hindern, wie
der Pontias in den kürzesten Sommernächten ausbleibt,
das erhitzte Thal nicht Zeit hat, sich hinlänglich abzu-
1. Endlich läſst sich leicht ermessen, daſs der Wechsel
emperaturen, welcher durch diese Winde herbeigeführt
auf die Gesundheit der Thalbewohner und auch auf die
ition in den Thälern einen sehr merkbaren Einfluſs aus-
muſs.

Die Entstehung dieser Winde läſst sich leicht auf die im
Abschnitte angegebenen pneumatischen Gesetze zurück-
, wonach die wärmere Luft mit einer bestimmbaren Ge-
digkeit aufsteigen, die kältere aber herabsinken muſs.
ist unter andern auch durch Saigey[1] geschehn, auch
t Gras den Ursprung des Pontias auf diese Weise, allein
ret wendet hiergegen ein, daſs für gleichmäſsige Ab-
ng der Luft in der Höhe und in der Tiefe die täglichen
ächtlichen Wechsel nicht statt finden könnten. Nach
Ansicht sind daher die hier betrachteten wechselnden
e den bekannten Land- und Seewinden nicht vollkom-
sondern nur zum Theil gleich, weil eine ungleiche Er-
ung und Abkühlung der Luft über Ebenen und in Thä-
tatt findet, indem die letzteren, hauptsächlich wenn sie
ren Erweiterungen mit ausgedehnteren Felsenwänden um-
sind, durch das Auffallen der Sonnenstrahlen auf diese
ungemein erhitzt werden, worauf dann aber, wenn diese
he aufhört, eine sehr bedeutende Erkaltung eintreten muſs,

1 In: Physique du Globe, welches Werk durch Fournet benutzt
n ist.

weil die erwärmte Luft aufgestiegen ist und die ungeh kalte desto energischer in den verdünnteren Raum eind Unleugbar ist das Verhalten bei der Entstehung dieser per schen Winde ungleich verwickelter, als dasjenige, welches See- und Landwinde erzeugt, und es lassen sich daher k einfache, für alle Fälle genügende Gesetze hierüber aufstel vielmehr müssen die Modificationen für jeden einzelnen aus den vorhandenen örtlichen Bedingungen abgeleitet wer

Wie durch wässerige Niederschläge nothwendig Luftbeweg entstehn müsse, indem durch das Herabfallen derselben di teren wärmeren Massen abgekühlt werden, dadurch an E cität verlieren, die oberen dagegen in diesen Raum herab und die einmal eingeleitete Wirkung vermehren, ist bereits erwähnt worden. Wenn man aber berücksichtigt, daſs die durch erzeugten Bewegungen allezeit in dem ohnehin s bewegten Luftocean statt finden, durch das Zusammenfallen der Bewegungen aber, je nach dem Verhältniſs ihrer gegen tigen Stärke, neue mittlere entstehn müssen, so läſst sich l ermessen, wie vielfach der Wechsel in Richtung und S bei den veränderlichen Winden seyn muſs. Hieraus e sich dann zugleich ein nahe liegender natürlicher Grund, w die Winde während der Dauer solcher Niederschläge h wechseln, endlich aber eine bestimmte Richtung annehmen diese dann eine längere Zeit beibehalten.

47) Die Hauptursache, welche die allgemeinen Ström im Luftoceane erzeugt, gehört der äquatorischen Zone an, daher sind auch dort die Winde, mindestens in den un Regionen, am regelmäſsigsten, mit Ausnahme der zwischen den Passaten liegenden mittleren Zone der Windstillen veränderlichen Winde. Je weiter man sich von hier aus den Polen entfernt, um desto zahlreicher sind, namentlich der nördlichen Halbkugel, die Bedingungen, welche die R tung der Winde abändern, und es wird hieraus begreif warum die beständigen Winde der äquatorischen Zone schlieſslich angehören, mit zunehmenden Breiten aber mehr in veränderliche übergehn. Selbst die beständigen W werden mitunter durch locale Ursachen veränderlich, wozu dem Meere vorzugsweise die Küsten, auf dem Lande die G birgszüge gehören[1]. Die mit mäſsiger Geschwindigkeit v

1 Interessante und lehrreiche Bemerkungen über den Einfluſs

Digitized by Google

n Passate finden auf dem Lande vielfache Hindernisse, erden also daselbst unterbrochen und beginnen erst wieder ht unbeträchtlicher Entfernung von den Küsten, wie oben) angegeben worden ist. Auf wie mannigfache Weise die ons durch die Richtung der Küsten bedingt werden, wird us den später über sie anzustellenden Untersuchungen er-

Vorzugsweise äuſsert die Richtung und Ausdehnung der i einen bedeutenden Einfluſs auf die wechselnden Land- eewinde. Beide sind normal auf die Küsten gerichtet, letztere gerade und von groſser Ausdehnung sind, im ngesetzten Falle aber und hauptsächlich dann, wenn andere ingen vorherrschen, zeigen sich bedeutende Abweichun- n dieser Regel. In der äquatorischen Zone bewirkt der ige Ostwind, daſs der Seewind an den östlichen Küsten , der Landwind schwächer ist, und daſs an den west- Küsten das Gegentheil statt findet, wie Forster[1] be- merkt hat. Kämtz[2] hat hierüber einige sehr interes- Thatsachen zusammengestellt. Haben die Küsten eine g gegen die Richtung der herrschenden Winde, so ver- sich der Seewind und Landwind während ihrer Dauer, lich entfernt sich der erstere Morgens etwas von der g der herrschenden Luftströmung und im Verfolge zu- d, bis er etwa um 3 Uhr lothrecht auf die Küste ge- ist und dann allmälig zur ursprünglichen Richtung wie- ückkehrt. Da, wo z. B. die Küste Sumatra's[3] sich von ach SO. erstreckt, sollte der Seewind aus SW., der nd aus NO. wehn, allein wenn daselbst ein NW.-Wind t, wie dieses einige Monate lang der Fall ist, so folgt sen ein Seewind aus W. Die Küste der Campechebai[4] Richtung von O. nach W. und die herrschende Wind- ist daselbst ONO., die Land- und Seewinde, die aus N. und S. kommen müſsten, wehn aus NO. und Aehnliche aus den herrschenden und den Brisen zusam-

---

nf die Windrichtungen hat Hopkins der Versammlung der bri- Naturforscher im Jahre 1841 mitgetheilt. S. l'Institut 1841.

Bemerkungen über Gegenstände d. phys. Erdbeschreib. S. 109.
Meteorologie. Th. I. S. 172.
Marsden's Sumatra. p. 17.
Dampier Traité des Vents. p. 35.

mengesetzte Windrichtungen findet man auf Batavia[1], allg
aber erheben sich die Land- und Seewinde nicht zu bede
Höhen, denn die Wolken behalten fortwährend diejenige R
tung bei, welche ihnen durch die herrschenden Winde ge
wird[2].

48) Auch auf die Stärke der Brisen soll nach Käm
Configuration der Küsten einen entscheidenden Einfluſs ä
und zwar in der Art, daſs bei weit vorspringenden Vorge
gen den Landwind geringer und beinahe verschwindend
bei Meerbusen aber das Gegentheil statt findet. Als
wird unter mehreren angeführt, daſs an den Vorgebirg
sich am nordöstlichen und südöstlichen Theile von Jama
finden, die Landwinde zu den Seltenheiten gehören, we
die Schiffer den Wahn hegen, diese würden daselbst
böse Dämonen zurückgehalten, ja einige Male begaben
Expeditionen auf das Cap Pedro, um die vermeintliche
monen zu vertilgen[3]. Dampier[4] fand an der Westküste
rica's, am Cap Passao, St. Laurence, Cap Blanc u. s.
Landwinde, dagegen im Meerbusen der Campechebay zw
Cap St. Martin und Condecedo dieselben stärker, als in
einem andern ihm bekannten Puncte, wobei jedoch Käm
Recht erinnert, daſs hier die starken Landwinde wohl d
von den Bergen herabströmenden kalten Luftmassen
werden mögen. Auf dem Festlande geben übrigens, a
von den Sandwüsten als Sitzen der heiſsen Winde,
Ebenen durch Erhitzung der über ihnen ruhenden oder
bewegten Luftmassen, ausgedehnte waldige Gegenden
Abkühlung derselben, Thäler, welche Bergzüge durch
den, und selbst Ströme in Folge der Bewegung, die
ihnen adhärirenden, fortwährend von ihnen mit Wasse
erfüllten Luftmassen mittheilen, eine Menge Bedingungen
durch die allgemeine Luftströmung abgeändert und die
Ungleichheit der gleichzeitig und an nicht eben sehr we
einander entfernten Orten wehenden Winde erzeugt w
kann. Vor allen Dingen aber äuſsern gröſsere Waldunge

1 Verhandelingen van het Bataviaasch Genootschap. T. I. p.
2 Le Gentil Voyage. T. I. p. 480.
3 Dampier Traité des Vents. p. 33.
4 Ebendaselbst.

Digitized by Google

andere Bergzüge einen entschiedenen Einfluſs auf die
erung der Windrichtungen, ja es bedarf hierzu nicht ein-
oſser Urwaldungen und ausgedehnter Ketten von Urge-
, sondern selbst kleinere, aber dichte Wälder und nie-
ergzüge bringen eine unerwartete Wirkung hervor. Nach
tungen O. Eisenlohr's wird die Windrichtung zu
urg und Carlsruhe, wie nahe auch beide Orte einander
durch die Vogesen und die Schwarzwaldgebirge merk-
geändert; wählt man aber ausgedehntere Strecken, so
gleichzeitige Beobachtungen sehr ungleiche Windrich-
an den verschiedenen Orten. Solche gleichzeitige Be-
ngen sind selten, jedoch haben wir deren genug in den
imer Ephemeriden[1], um daraus die Richtigkeit des auf-
n Satzes zu erweisen. Einige sehr interessante That-
zur Unterstützung dieser Behauptung hat Fournet[2]
lie Zusammenstellung der gleichzeitigen Windrichtungen
s mit denen zu Lyon, zu Marseille, zu Toulon, im
iete der Rhone, der Durance u. s. w. und der letztern
ch geliefert. Unter andern erwähnt er auch, daſs nach
gaben von Merian über verschiedene Puncte bei Basel
Meyer über Mühlhausen im benachbarten Elsaſs die
htungen an diesen einander sehr nahe liegenden Orten
en Einfluſs der Gebirge und der Krümmung des Rheins
kliche Aenderungen erleiden. Von vorzüglicher Wich-
ind in dieser Beziehung seine Untersuchungen über den
ichen Frankreich herrschenden *Mistral* (§. 40). Dieser
der Richtung WNW., N., NW., je nachdem er im
er Aude oder der Rhone herabsinkt, von wo aus er
Nord- oder als Nordwestwind über das mittelländi-
er fortgeht. De Saussure suchte die Ursache seines
ns in der höheren Temperatur des Wassers im Meer-
on Lyon, allein Fournet stellt diesem entgegen, daſs
irkung nur bei Nacht und im Winter statt finden könne,
auf den auf gleiche Weise im Sommer und am Tage
en Mistral nicht anwendbar sey, wie vor allem auffal-
raus hervorgehe, daſs er eine dem Seewinde an der

---

[1] ergl. Brandes Witterungskunde S. 50, 77 u. a. a. O.
[2] Recherches sur la distribution des Vents dominants en France

Küste des südlichen Frankreichs entgegengesetzte Richtung ha
Dagegen läſst sich aus der Configuration der diese Gegen
des südlichen Frankreichs einschlieſsenden Berge leicht na
weisen, daſs durch den Widerstand, welchen diese den
mittleren und nördlichen Frankreich im Ganzen herrschen
Westwinden entgegenstellen, diese eine mehr nördliche Ri
tung annehmen und in NW. und N. Wind übergehn müs
Auf gewisse Weise könnte man den Mistral diesemnach
einen im Groſsen hervortretenden Thalwind betrachten, we
Fournet gleichfalls näher untersucht hat (§. 46), die
Sache gewinnt aber noch bedeutend an Wichtigkeit, wen
sie in Beziehung auf die allgemeine Strömung im Luftocea
nördlichen Halbkugel und namentlich auf das später zu
ternde allgemeine Drehungsgesetz betrachten. Es stellt
nämlich unverkennbar heraus, daſs der in Europa, mind
dem westlichen, vorherrschende W.-Wind (§. 69) mit
südlicher Richtung, welcher als eine Fortsetzung des
renden SW.-Passates betrachtet wird, theilweise im südl
Frankreich eine nördliche Richtung annimmt, und daſs a
diese Weise beträchtliche Luftmassen dem Aequator wied
strömen, um zur Bildung des NO.-Passates der nörd
Halbkugel beizutragen.

Vorzugsweise ist die Richtung der Winde an versch
nen Orten ungleich bei localen Stürmen, wie später (§
gezeigt werden soll, aber man trifft dieses auch ohne je
waltsamen Luftbewegungen. Um eins der neuesten Bei
anzuführen, erwähne ich die verschiedenen Windricht
welche bei den correspondirenden Beobachtungen am 22.
1841 wahrgenommen wurden[1]. Es herrschten Mittags
zu Gröningen, Franeker, Utrecht, Lyon und Mailand S
Amsterdam SO.; zu Gent, Boulogne und Neapel SSW.
Alost SSO.; zu Löwen, Brüssel, Genf und Krakau SW.
Maestricht und Paris NW.; zu Marseille O.; zu Toulon
zu Parma WNW.; zu Lemberg WSW.

49) Wie leicht durch das Zusammenwirken dieser
schiedenen Ursachen veränderliche Winde erzeugt werden,
kennt man leicht, es darf aber dabei die Hauptveranlassung
unausgesetzten Strömung des Luftoceans von den Polen

1 Bulletin de l'Acad. Roy. de Brux. T. VIII. p. 470.

Digitized by Google

›r in den unteren Regionen und vom Aequator nach len groſsentheils in den oberen nicht überſehn werden. würden ſich zwar die kalten Polarſtröme ſtets in den Regionen erhalten, die leichteren äquatoriſchen aber nen hinflieſsen, wie denn überhaupt der kältere Luft- ler niedrigere, der wärmere der obere zu ſeyn, und eide einander begegnen, der letztere durch den erſteren ɛhoben zu werden pflegt; wenn aber beide ſich mit ein- ermiſchen, was unausbleiblich ſehr oft geſchehn muſs, ntſtehn Niederſchläge, und dadurch wird genügende ſsung zur Erzeugung veränderlicher Winde gegeben. er der Paſſatzone aufſteigenden, nach den Polen hin nden Luftmaſſen müſſen ſich anhäufen, durch ihre nde Maſſe bald herabſinken, und aus dieſer Urſache ı ſchon an den äuſseren Grenzen der Paſſate Stürme, ı den Seefahrern in beiden Hemiſphären oft wahrge- n werden. Weiter nördlich zwiſchen 30° und 40° wer- Winde wieder regelmäſsiger, vorzüglich auf der ſüd- Halbkugel, wo die ſtörenden Bedingungen minder zahl- ind[1]; die mehr abgekühlten äquatoriſchen Luftmaſſen n auf der nördlichen Halbkugel aus oben (§. 19) an- en Gründen einen SW.- und auf der ſüdlichen ei- Wind von ſolcher Regelmäſsigkeit, daſs die Schiffer von Veſtpaſſate in dieſen Breiten reden. Aus dieſer Urſa- len die Oſtindienfahrer die Richtung, daſs ſie zuerſt n Küſten America's und dann mit dem regelmäſsigen inde nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung ſteuern[2]. folgert indeſs aus den Angaben mehrerer Reiſenden, r zunehmenden Breiten der Oſtwind wieder regel- werde, indem Cook dieſe Richtung auch auf der Halbkugel als die herrſchende antraf. Hiernach wür- die veränderlichen, vorzüglich weſtlichen Winde den die regelmäſsigen, namentlich öſtlichen Winde aber oriſchen, von den Polen nach niederen Breiten hin Luftſtrömungen endlich den höheren nördlichen und

---

…ell Essays. p. 104.

…adise in: Oxford Voyages and Travels. T. II. p. 32.

…teorologie. Th. I. S. 209. Er beruft ſich auf Forster's Be- … u. ſ. w. S. 110.

südlichen Zonen vorzugsweise angehören. Nähere Bestimm-
gen hierüber lassen sich aus dem allgemeinen Drehungsge
entnehmen (§. 71).

Als eigenthümliche Winde lieſsen sich hier noch die T
nados, Hurricane, Typhons und andere anreihen, die ich
für den Abschnitt E. auſspare.

C. Richtung der Winde.

50) Man betrachtet gemeiniglich die Winde als mit g
bleibender Geschwindigkeit in horizontaler Richtung
wegte Luftmassen, inzwischen zeigen die gemeinsten täg
Erfahrungen, daſs mindestens bei den veränderlichen di
wegungen in Absätzen stoſsweise erfolgen, und um den
sprung der Wasserwellen namentlich beim Meere zu erk
wird angenommen, daſs der Wind wo nicht in verticaler,
in geneigter Richtung gegen die Wasserfläche stoſse. Be
ten wir zuerst die horizontale Richtung, so ist diese
deswegen die natürlichste, weil die Luftmassen sich üb
festen Erdoberfläche oder dem noch ebenern Meeresspie
bewegen. Allein die Erde ist an den meisten Orten
die Erhabenheiten derselben dienen als Hindernisse, di
steigt an der Vorderseite der Berge empor und sinkt
ihrer starken Bewegung an der abgewandten Seite der
wieder herab, wird dadurch in ihrer gleichmäſsigen Bew
gestört, und hieraus sind wohl die abwechselnden st
Luftstöſse ganz oder gröſstentheils abzuleiten. Auf offe
sind nach den Erfahrungen, die ich auf der Nordsee
adriatischen Meere zu machen Gelegenheit hatte, die
weise erfolgenden Windstöſse bei weitem nicht so u
als auf dem Lande, und auch auf hohen Bergen zeigt s
Luftbewegung weniger unterbrochen; doch habe ich
Spitze des Brockens einige Male bis zum Sturm ges
Winde beobachtet, bei denen die intermittirend erfolg
Stöſse sehr ungleich an Stärke waren. Hieraus dürfte auc
auffallend starke Brausen erklärbar seyn, welches man
wahrnimmt, wenn bei mäſsiger Luftbewegung oder
Windstille in den unteren Regionen heftige Stürme in
oberen herrschen, wenn anders dieses Getöse nicht aus
fernten Gegenden, wo der Wind gegen Bäume und son

Digitized by Google

ıbenheiten stöſst, durch die Luftbewegungen in den oberen ionen fortgetragen und daher durch Täuschung in diese zt wird. Inzwischen bin ich nicht geneigt, dieser letz- ı Hypothese beizupflichten, denn man hört das Getöse im nördlichen Polarmeere, wo es doch nur etwa durch ıervorragenden Gipfel der Eisberge erzeugt werden könnte, höchst unwahrscheinlich ist. Der erfahrene und in seinen ıchtungen so genaue Scoresby[1] ist vielmehr der Mei- , daſs die Stürme im nördlichen Polarmeere sehr häufig ' in den oberen Regionen vorhanden sind und erst spä- ı zur Erdoberfläche herabsinken, er leitet daher hieraus ausen ab, welches man nicht selten vor den Stürmen in öhe wahrnimmt, mit dem Zusatze, daſs dieses Verhalten allen Breiten statt finde. Zum Beweise führt er an, daſs 'ater einst an einem heiteren Tage an der nördlichen der Carlsinsel landete und aus Neugierde einen steilen on 2000 engl. Fuſs Höhe hinaufkletterte, dessen obere eine Ebene von der Gröſse einer gewöhnlichen Tisch- bildete, die über einen lothrecht unter ihr liegenden Ab- herüberragte. Als er sich über den herrlichen Anblick , sah er in einiger Entfernung eine kleine Wolke her- , und wurde dann augenblicklich von einem so heftigen ergriffen, daſs er sich niederwerfen und durch die in nee gesenkten Arme festhalten muſste, um nicht herab- ıdert zu werden.

brigens halte ich die Ansicht für durchaus irrig, wo- ıan den Wind für eine gemeinschaftlich gleichmäſsige ige Bewegung der gesammten Lufttheilchen halten Die schönen Untersuchungen über die Beschaffenheit sserwellen[2] haben dargethan, daſs diese aus einer ei- ılichen rotatorischen Bewegung der einzelnen Wasser- n bestehn, und eben solche müssen auch den Lufttheil- i allen Winden nach mechanischen Gesetzen eigen seyn. Ursache auch eine Luftbewegung erzeugen möge, nie : mit absoluter Gleichheit, stets dagegen mehr oder we- ıgleich auf die einzelnen Massen wirken; die stärker

ccoünt of the arctic regions cet. Edinb. 1820. II T. 8. T. I.

ı. oben Art. *Wellen.*

gestoſsenen Theile müssen demnach seitwärts ausweichen, und
hieraus, so wie aus dem ungleichen Widerstande, welchen
sie zu überwinden haben, entsteht dann nothwendig eine ro-
tirende Bewegung, welche, einmal erzeugt und durch vielfach
hinzukommende Ursachen wieder erneuert, dem Winde in
seinem Fortgange stets eigenthümlich zugehört. Es versteht
sich von selbst, daſs hier von einer Rotation um eine verti-
oder wenig geneigte Axe, welche den Wettersäulen eigenthüm-
lich zugehört[1], nicht die Rede sey, vielmehr bloſs von de-
nigen Drehungen in willkürlichen Ebenen, die wir bei ge-
wöhnlichen veränderlichen Winden anzunehmen veranlaſst wer-
den. Bei sehr schwachen Luftströmungen zeigt sich allein
eine aus der Bewegung namentlich der fliegenden Spinne-
webe im Herbste wahrnehmbare gleichmäſsige Strömung
Luft, bei stärkeren aber läſst sich von dem Umherw-
leichter Körper, vorzugsweise aus dem über den Schorn-
aufsteigenden Rauche, mit Sicherheit auf die vorhandenen
wirbel schlieſsen, die durch hervorragende Gegenstände,
sondere Bäume und Häuser, theils erzeugt, theils ve-
werden. Mit Vergnügen beobachtete ich einst aus dem
ster über einem freien Platze die Bewegung einer Fl-
die in wechselnd ungleich excentrischen Kreisen bald in
ſseren bald in geringeren Höhen und mit ungleicher Gesch-
digkeit mehrmals umhergetragen und endlich erst fort-
wurde. Bei den Untersuchungen über die Winde dürfen
daher diese wellenartige Bewegung[2] nie aus dem Auge v-
ren, die übrigens mit der Höhe abzunehmen und end-
verschwinden scheint, woraus hervorgeht, daſs sie vorzug-
durch den ungleichen Stoſs beim Entstehn der Winde un-
mehr durch die Hindernisse, die der bewegten Luft en-
stehn, erzeugt wird. Beobachtet man den aufsteigenden
oder niedrig ziehende Wolken, so gewahrt man bald, d-
in Folge einer drehenden Bewegung ihre Gestalt ändern
mit ungleicher Geschwindigkeit sowohl aufsteigen, als
fortschreiten; bei den feineren sehr hohen Wolken ist
aber nur selten der Fall, sofern man dieses in so weiter
fernung zu beobachten vermag. Dort muſs also die wel-

1 Vergl. Art. *Wettersäule.*
2 Vergl. Forster über die Wolken. S. 204.

Digitized by Google

ge und rotatoriſche Bewegung der Luft geringer seyn oder
zlich fehlen, doch erinnere ich mich zuweilen ein unglei-
s, mitunter stoſsweise abwechselndes Fortrücken selbst der
inen Federwolken bemerkt zu haben.

51) Die Richtung der Winde ist inzwischen im Allge-
nen eine *horizontale*, und muſs dieses seyn, sofern sie
längerem Fortgange über der Erdoberfläche diese annehmen
sen. Nicht minder gewiſs aber ist, daſs namentlich Berge
Verhältniſs zu ihrer Höhe die Luftströmungen aufsteigen
sen, wodurch dann die jenseits zunächst liegenden Orte
den eigenthümlichen Einflüssen der Winde zum Theil ge-
tzt werden; später aber sinkt die Bewegung der Luft wie-
in die Tiefe hinab, denn sonst müſsten hohe Berge
die Winde, welche auf ihre Erstreckung lothrecht ge-
t sind, bis auf jede Entfernung hin schützen. Hierdurch
ndeſs eine von der horizontalen abweichende geneigte
ung der Winde unwidersprechlich gegeben. Es ist ferner
bei der Untersuchung der Wellen bemerkt worden, daſs die
hung der Wasserwellen mit Grunde aus einem verticalen
geneigten Stoſse des Windes auf die Wasserfläche abge-
wird, und auch dieses deutet daher eine wenigstens tem-
von der horizontalen abweichende Richtung der Winde
Eine der wesentlichsten Ursachen des Entstehens der
e wird mit Recht im Herabsinken kälterer Luftmassen
en dadurch bewirkten Niederschlägen gesucht, welche
e die ursprüngliche Ursache der Winde noch verstärken.
hänomen dieser Art hatte ich einst Gelegenheit zu be-
en. Bei mäſsigem Winde und leicht, aber völlig be-
m Himmel sah ich in geringer Entfernung von dem Ab-
eines niedrigen Berges eine schlauchartige Wolke sich
h schnell in einer Neigung von etwa 50 Graden gegen
orizont herabsenken und dann mir entgegen sich bewe-
Die Wolke war weiſser und dünner, als diejenigen,
den Himmel bedeckten, ihre Dichtigkeit ward bald ver-
t und verschwand allmälig, allein nach kurzer Zeit trat
der Richtung ihrer anfänglichen Bewegung mich treffen-
rklicher Windstoſs ein, welcher zunehmend heftiger
, sich allgemeiner ausbreitete und zuletzt einen Regen-
herbeiführte. Es darf übrigens kaum bemerkt werden,
e Richtung des Windes zwar beim Entstehen und ab-

Digitized by Google

satzweise auch beim Fortgange desselben gegen den Horizo
geneigt seyn könne, wegen des Einflusses der Erdoberfläch
aber bald wieder in die horizontale übergehn und diese a
im Ganzen beibehalten müsse. Die partielle Erwärmung d
Bodens und der über ihm ruhenden Luft bewirkt zwar
Aufsteigen der letzteren (*courant ascendant*), wie nament
bei der Entstehung der Passate angenommen wird, allein h
aus entsteht kein eigentlicher, über der Erdoberfläche sich
Wind, obgleich ein solcher in gröſseren Höhen vie
wahrnehmbar seyn könnte; vertical aufsteigende Winde
sich also nicht anders als in auſserordentlichen Fällen
wenn mächtig wirkende Ursachen sie erzeugen, wie
(§. 14) erwähnt wurde.

52) Bei den Passaten findet ein bestimmtes Gesetz
Richtung statt, indem sie in den niedern Regionen d
des Aequators eine nordöstliche, jenseit desselben eine
östliche Richtung haben, welche in den höheren jene i
südwestliche, diese in die nordwestliche übergehn. Die
stenz dieser entgegengesetzten Luftströmungen ist zur B
gung der Theorie durch unzweifelhafte Thatsachen ge
nachgewiesen worden. Am bekanntesten ist das Beispi
Aschenregens auf der Insel Barbadoes im Jahre 1812, welc
herrschendem NO.-Passate eintrat und die Bewohner i
staunen setzte, weil sie den Ursprung desselben nicht a
finden vermochten, da in dieser Richtung kein Vulcan
bis sie erfuhren, daſs die Asche von den Vulcane der w
liegenden Insel St. Vincent herbeigeführt worden sey, a
gleiche Weise herrscht auf dem Gipfel des Pico di T
Westwind, obgleich auf der Insel selbst der Nord
unausgesetzt weht[1]. Nach Paludan[2] sollen überhaupt a
tropischen Meeren die sehr hohen feinen Wolken sich
in einer den Passaten entgegengesetzten Richtung be
Diese durch fortwährend wirkende Ursachen bedingten
strömungen müssen nothwendig auf die Richtung der
über jede der beiden Halbkugeln einen merklichen E
ausüben, wie sich in der Folge aus dem allgemeinen

---

1 L. v. Buch phys. Beschreibung d. canarischen Inseln. Berl.
S. 63.

2 Schouw Klimatologie. Hft. I. S. 55.

Digitized by Google

ıgıgesetze des Windes näher ergeben wird; auch mag in wohl zum Theil der Grund liegen, weswegen nach wrw[1] in Europa zwischen 50° und 60° N. B. die West-de, mindestens im Sommer, die vorherrschenden seyn sol- allein es giebt für alle auſserhalb der nächsten Grenzen Passate liegende Gegenden so viele die Windrichtungen ıgende Ursachen, daſs man die daselbst herrschenden Winde Recht veränderliche genannt hat. Die Grenze beider in hiedenen, Höhen entgegengesetzt wehenden Winde ist er anzugeben, weil geeignete Beobachtungen hierüber sel-ind und, es dabei sehr auf den Grad der Erwärmung der assen ankommt, wodurch sie, die ihnen eigenthümliche ung beibehaltend, zu gröſseren oder geringeren Höhen ge-ı werden, bis sie oben wieder abflieſsen. Von den we-hierüber bekannten Thatsachen erwähne ich nur eine e A. v. Humboldt's[2], welcher auf der Silla de Caracas 10° 31′ N. B. den NO.-Passat noch auf einer Höhe 3100 F. antraf, und auf dem Pico di Teneriffa den West-in 11400 F. Inzwischen läſst sich hierauf keine allge-Regel gründen; denn die erhitzten äquatorischen Luft-n steigen bald mehr, bald weniger hoch empor, und sen-ich ebenso in ungleichen Höhen wieder herab, wie man ıtlich daraus ersieht, daſs der Sirocco sich häufig in Si-und Italien zeigt, an diesen Orten aber meistens fehlt, er als Föhn über die Alpen kommt.

3) In denjenigen Gegenden, wo die veränderlichen Winde hen, zunächst unter mittleren Breiten, findet man sehr ; und fast allezeit in verschiedenen Höhen sehr ungleiche richtungen, die sich unter willkürlichen Winkeln durch-en, zuweilen sogar ganz entgegengesetzt sind. Schon gestis[3] erwähnt dieses, redet aber nur von zwei in ver-lenen Richtungen, zuweilen einander gerade entgegenge-blasenden Winden, indem z. B. die Windfahnen nach ı stehn, die Wolken aber nach Westen getrieben werden. chtungen dieser Art giebt es in Menge, wodurch die ache selbst genügend erwiesen ist, die jedoch durch den

---

1 Ny Hygäa. 1826. Apr.
2 Voyage. T. IV. p. 259.
3 Schwed. Abhandl. Deutsche Ueb. Bd. XXIV. S. 183.

Umstand ein neues Interesse erhält, daſs die Bezeichnung
Windrichtungen in den meteorologischen Registern dadurch
gewiſs wird. Wargentin sagt, daſs in solchen Fällen
Stand der Windfahnen anzugeben sey; neuerdings pflegt
die Art, wie die Windrichtung gefunden wurde, vorher
zu bezeichnen, um Miſsverständnisse zu vermeiden. Nicht
selten gewahrt man selbst zufällig sogar drei verschie
Windrichtungen, die eine durch den Stand der Windfa
die zwei anderen durch den verschiedenen Zug der un
hohen Wolken, und nimmt dabei als Regel an, daſs der hö
zuletzt die Oberhand und für längere Zeit die Herrscha
halten werde. Vorzugsweise wird die allgemeine Windri
durch Berge abgeändert und Kämtz[1] bemerkt daher mit R
daſs Beobachtungen derselben nur in Ebenen oder auf so
Höhen, in deren naher Umgebung sich keine höhere Berge
finden, anzustellen sind, wenn man vergleichbare Res
verlangt; aber auch dann muſs angegeben werden, ob die
stimmungen aus der Richtung der Windfahnen oder dem
der Wolken entnommen sind. Dieses ergiebt sich aus
Vergleichung beider, welche Placidus Heinrich[2] in den
naten Mai, Juni und Juli des Jahres 1791 anstellte. Hie
wehete

N.	oben	9 mal,	unten	11 mal.
NO.	—	11 —	—	12 —
O.	—	7 —	—	10 —
SO.	—	3 —	—	9 —
S.	—	5 —	—	5 —
SW.	—	15 —	—	14 —
W.	—	76 —	—	40 —
NW.	—	19 —	—	44 —

An denjenigen Orten, namentlich in Städten mit h
Häusern und vielen Thürmen, die am Ausgange eines T
oder am Fuſse eines Berges liegen, ist die eigentliche W
richtung aus dem Stande der Windfahnen kaum ode
nicht mit Sicherheit bestimmbar, indem dieselben, auch
beschädigt zu seyn, verschieden zeigen[3]; aber auch an so

1 Meteorologie. Th. I. S. 161.

2 Aus Mannheimer Ephemeriden von 1791.

3 Plieninger in: Beschreibung von Stuttgart. Stuttg. 1834.
S. 54 erwähnt ausdrücklich, daſs in jener Stadt wegen der Ri

n, wo sich die genannten auffallenden Hindernisse nicht n, gewahrt man sehr häufig in geringen und in gröſseren en bedeutende Unterschiede der Windrichtungen. Einzelne auffallende Beispiele dienen dieses zu bestätigen, z. B. nigen, welche Robison[1] erwähnt, mit dem Zusatze, daſs e ungleiche Richtungen zuweilen eine geraume Zeit an-. Als im holländischen Kriege 1781 eine englische Flotte afen zu Leith lag, herrschte ungefähr fünf Wochen lang scharfer Ostwind und während der letzten vierzehn Tage leichfalls scharfer Westwind, in einer Höhe von etwa drei l einer englischen Meile, wie man deutlich aus der Rich- der Wolken in der unteren und oberen Luftschicht wahr- en konnte. Ein Augenzeuge sah bei der Belagerung von ek im Jahre 1759, als ein so scharfer Westwind wehete, wohlbemannte Bote kaum ihm entgegenrudern konnten, us der Stadt geworfene Bombe etwa eine halbe engl. hoch zerplatzen und hieraus eine Rauchmasse entstehn, er eine Viertelstunde an dem nämlichen Orte blieb und llmälig zerstreute. Entweder muſste daher in dieser Höhe Windstille herrschen, oder nach der Ansicht Robison's se Schicht zwischen zwei andern von gerade entgegen- er Windrichtung. Langsdorf[2] beobachtete einst, daſs teren Segel des Schiffes schlaff zusammenfielen, während eren dagegen straff aufgeblasen wurden; Bruce[3] erwähnt, ährend der ganzen Nacht Nordostwind wehete, welcher egen Morgen etwas weiter nach Ost wandte, während eren Wolken deutlich einen Südweststrom zeigten; ein es Beispiel entgegengesetzter Windrichtungen erzählt Le ier[4], ein noch interessanteres aber Th. Lauder Dick[5]. sah den dicken Rauch von Gestrüpp, welches auf einem verbrannt wurde, in Wirbeln gerade aufsteigen, dann in ichtung von Ost nach West fast horizontal fortgetrieben

hales, worin sie liegt, die durch den Wolkenzug angedeutete chtung nur bei Stürmen oder sturmähnlichen Winden mit den en der Windfahnen übereinstimmen.

Mechanical Philos. T. III. S. 706.

Dessen Reisen. Th. II. S. 189.

Voyages aux sources du Nil. Ueb. von Castera. T. XI. p. 130.

Mém. de l'Acad. de Par. 1782. p. 650.

G. LVII. 217. Aus Ann. of Phil. T. X. p. 16.

Digitized by Google

werden, bis er etliche engl. Meilen weiter durch einen W
wind spitz umgebogen wurde, sich in gerade entgegenge
Richtung fast eine Meile über den Ort seines Ursprungs hi
bewegte und dann durch einen noch höher liegenden
Luftstrom eine südöstliche Richtung annahm. Gilbert
merkt hierbei, daſs so scharf entgegengesetzte Luftbewe
hauptsächlich nur an den Meeresküsten vorkommen, da
bei den Rauchsäulen der Salzpfannen, die jedoch keine be
tende Höhe erreichen, nie wahrgenommen habe. Wal
beobachtete zufällig, als er am 25. Oct. 1809 zu Clapt
Hacknei einen kleinen, 3 Fuſs im Durchmesser haltenden
ballon steigen lieſs, die verschiedenen über einander lieg
Winde, und zwar von unten nach oben OSO., N.,
SSO. gen S. Später lieſs Forster mehr als 30mal
Ballons steigen und bemerkte bei den meisten derselben,
sie durch mehrere, selbst 4 bis 5 und einige sogar durch
in verschiedenen Richtungen bewegte Schichten drangen.
er am 30. Apr. 1831 mit seinem mit Leuchtgas gefüllten
lon aufstieg, änderte dieser bald seine Richtung und
6000 F. Höhe eine ganz entgegengesetzte an; am fol
Tage aber ging auch die untere Windrichtung in diejenig
die er oben beobachtet hatte[2]. Auch Henry Beaufoy
wahrte bei seiner bekannten aërostatischen Fahrt einen
bestehenden Windrichtung abweichenden Luftstrom,
empfindliche Kälte herbeiführte und dem Ballon nebst
Gondel eine schiefe Richtung gab, und Green[4] folgert
aus den Beobachtungen, die er bei Gelegenheit seiner
tischen Aufsteigungen anstellte, daſs über England
Höhe von 10000 Fuſs und darüber stets Nordwestwind
wie abweichend hiervon auch die untere Windrichtung
möge. Aehnliche Wirkungen auf seinen Ballon beob
auch Garnerin[5]; Lalande[6] lieſs Probeballons bis 30
600 Toisen aufsteigen und bemerkte, daſs sie in Lufts
von den verschiedensten Richtungen geriethen. Ich selbst

1 Forster über die Wolken. S. 205.
2 Bibl. univ. 1831. Août. p. 437. Fechner Repert. Th. III. S
3 Annals of Philos. T. IV. p. 287.
4 L'Institut 1841. 9me Ann. N. 403.
5 Voigt's Magazin. Th. I. St. IV. S. 123.
6 Aus Magazin encyclop. Ann. 8. in G. XVI. 22.

mehrmals kleine Luftballons steigen lassen und allezeit iedene, zuweilen einander entgegengesetzte Luftströmungen chtet; nur einmal stieg ein kleiner ellipsoidischer Ballon merklich geneigter lothrechter Richtung so weit auf, bis n Auge entschwand, ein anderes Mal aber hatte ich das t interessante Schauspiel, eine 6 Fuſs im Durchmesser de transparente Montgolfière aus Papier, in deren unterer ng eine Lampe mit 6 Flammen brannte, bei völliger stille lothrecht aufsteigen zu sehn, bis sie im Zenith bar unter den Sternen verschwand. Da sich zuletzt bloſs mpe als ein kleiner Stern zeigte, so muſste ihre Höhe tens 1500 Fuſs betragen, war indeſs sicher noch ungleich ender. Eine solche Ruhe der Atmosphäre gehört ohne l unter die Seltenheiten und findet gewiſs nicht häufiger als eine andere gleichfalls sehr ungewöhnliche Erschei- nämlich daſs der nämliche Luftstrom sich in zwei ent- esetzte Zweige zerspaltet. Inzwischen giebt es eine auch entscheidende Erfahrung; denn beim Ausbruche des a im Januar 1835 trieb der obere Wind die Asche so- 00 engl. Meilen östlich nach Jamaica, als auch 700 Mei- stlich, indem sie auf das Schiff Conway im stillen Ocean ° N. B. und 105° W. L. niederfiel[1].

l) Ebenso verschieden, als die Windrichtung sich in hen Höhen zeigt, ist sie auch in der *horizontalen Ebene;* und nur bei schwachen Winden steht die Windfahne Zeit still, vielmehr ist sie fast unausgesetzt in Bewegung hwankt durch einen desto gröſseren Theil des Kreises, r der Wind in Sturm übergeht, wobei sie nicht selten bis zu 180 Graden durchläuft. Was wir dann die ichtung nennen, ist so genau, wie die Messungen zu- die Mitte zwischen den äuſsersten Puncten beider Ex- wohin die Windfahne sich bewegt, die zugleich auch as durch denjenigen Punct angegeben wird, wo dieselbe zelnen ruhigern Intervallen still zu stehn pflegt. Aber diese letztere ändert sich im Verlaufe der Zeit meistens mehr, je heftiger der Wind weht, Stürme wechseln bei er Dauer ihre Richtung, und die allerheftigsten durch- nicht selten die ganze Windrose, wie dieses namentlich

---

1 Silliman Amer. Journ. T. XXXIII. N. 1.

Digitized by Google

auf der Insel Mauritius der Fall ist, die sich durch die Häu
keit der Winde vorzugsweise auszeichnet[1]. Mehrere Beis
solcher auffallender Drehungen bei Stürmen werden bei
Beschreibung vorzüglich heftiger Stürme (Abschn. E.) geleg
lich erwähnt werden.

Zu den seltenern Erscheinungen gehört die, daſs entge
gesetzte Winde einander begegnen und sich dadurch we
seitig aufheben; inzwischen sind diese Phänomene nic
einem solchen Grade selten, daſs ihre Existenz übe
zweifelhaft seyn könnte. Es ist bereits oben (§. 32) er
worden, daſs der Föhn gegen den Nordwind ankämpf
einer von ihnen die Oberhand behält, sowie auch, daſs di
groſsen Eismassen herkommenden Winde die ihnen entg
wehenden zurückdrängen (§. 27). Ein wegen der Sch
interessantes Beispiel aber erzählt Kotzebue[2]. Dieser
nämlich unter 40° N. B. in der Nähe von Californien
anhaltenden Südwind, welchem jedoch plötzlich ein Nor
entgegen wehte, was sowohl aus dem Zuge der Wolken
auch aus ihrer Veränderung zu ersehn war. Zwischen
Winden war die See in 50 Faden Breite und unab
Länge von O. nach W. vollkommen ruhig und spie
der stärkere Nordwind trieb indeſs den schwächeren Sü
vor sich her, und im gleichen Maſse, als der erstere
weiter vorrückte, schritt auch die zwischen beiden be
neutrale Stelle fort.

55) Als eine Hauptfrage bei der Untersuchung der
richtungen wurde von jeher die betrachtet, ob dieselbe
oder *negativ* sey, d. h. ob der Wind sich früher an d
zeige, woher er kommt, oder an dem, wohin er we
z. B. ob ein Ostwind früher in Osten oder in Westen
genommen werde. Einer allgemeinen Ansicht gemaſs is
geneigt, das Erstere anzunehmen, denn es scheint in der
der Sache zu liegen, daſs die Luftmassen, die an einem
wissen Orte anlangen, früher an demjenigen in Bewegung
von wo sie herkommen. Wie nothwendig dieses im G
auch seyn mag, so ist doch von der andern Seite gleichfalls
vorstellbar, daſs herbeiströmende Luftmassen den hinter

1 Flinder's Reise nach d. Austral. Lande. Weim. 1816. S. 6
2 Neue Reise um die Welt. Weim. 1830. Th. II. S. 40.

lichen Platz machen, diese in den verdünnten Raum ein-
en und die Bewegung sich auf diese Weise rückwärts
lanzt, wonach also die Windrichtung eine *negative* seyn
e. Inzwischen muſs hierbei allezeit zuerst ein verdünnter
vorhanden seyn, in welchen die ruhige Luft abflieſst,
um diesen aufzufinden, hilft uns wieder die allgemeine
ie vom Ursprunge der Winde. Entweder durch örtliche
mungen entsteht ein Aufsteigen der leichteren Luft und
s ein verdünnterer Raum, oder dieser wird durch Ab-
ng und Niederschläge erzeugt; in diesen dringen die um-
len Luftmassen von allen Seiten, wegen örtlicher Hinder-
aber nicht mit ganz gleicher Stärke, und es wird also
ge anfänglich stets negative Wind die Herrschaft er-
, welcher am wenigsten gehindert durch gröſsere erlangte
windigkeit am kräftigsten einwirkt. Dieser Proceſs deutet
e negative Windrichtung, und da er nicht zu den un-
lichen gehört, so läſst sich hiernach vermuthen, daſs
gativen Winde ziemlich häufig seyn werden. Die einmal
wegung befindlichen Luftmassen können indeſs in dem
nen eingenommenen Raume schon wegen des Trägheits-
s nicht sofort zur Ruhe kommen und müssen daher auf-
, was häufig der Fall ist, zugleich aber kann der statt
e Impuls auch die ruhenden Luftmassen in Bewegung
und diese Bewegung, sobald sie sich auf gröſsere
n fortpflanzt, muſs nothwendig positive Windrichtungen
ge haben. Man ersieht hieraus, daſs es sowohl positive,
h negative Winde (oder Windrichtungen in diesem
geben könne.

) So viel ich weiſs, hat zuerst Leche[1] auf den hier
nden Gegenstand aufmerksam gemacht, indem er bei
theilung seiner Beobachtungen der Winde zu Åbo von
is 1761 bemerkte, das Barometer könne fallen, ohne daſs
wahrgenommen werde, der in entfernten Gegenden statt
nicht bis an diesen Ort gelange; denn er habe z. B. ge-
, daſs Weststurm sich früher in Moscau als in Åbo
er in Finnland, als in Schweden zeige. Allgemeiner be-
wurden die Resultate der Beobachtungen B. Franklin's[2],

Schwedische Abhandl. Deutsche Ueb. Th. XXIV. S. 195.
Letters and papers on philos. subj. Lett. 36. Sämmtliche Werke

welcher einst wahrnahm, daſs ein heftiger Wind aus NO. 7 Uhr Abends in Philadelphia und erst um 11 Uhr in 400 engl. Meilen entfernten Boston wehte. Später achtete mehr auf diesen Umstand und fand, daſs die Nordost-St desto später an verschiedenen Orten anfingen, je entfernter in der genannten Richtung lagen. Zur Erläuterung führ an, daſs beim Anzünden des Feuers in einem Camine zunächst liegenden Luftmassen hineinströmen und dann Bewegung sich den entfernteren allmälig mittheilen Hiernach leitet er die im Winter dort häufigen Nordost-S aus der Erwärmung der Luft über dem mexicanischen busen ab, wohin sich die kältere Luft von NO. allmälig begebe. Kämtz[1] erinnert hiergegen, daſs zwischen Phila und dem mexicanischen Meerbusen eine ausgedehnte La strecke liege, wo es an Beobachtungen fehle, und da sich NO.-Stürme auch häufig auf dem mexicanischen Mee zeigen, so schlieſst er hieraus mit Recht auf eine positive schreitung derselben, weil die nordöstlichen Luftmassen später daselbst anlangen können. Auf Franklin's A gestützt, hielt man sehr allgemein die Fortschreitung der für negativ. Zwei hierüber sehr entscheidende Beispiele Mitchil[2] bekannt gemacht, das eine vom 21. Febr. das andere vom December 1811, wo beide Male der No Sturm an den nördlicher liegenden Orten später emp wurde, wie sich aus den aufgezeichneten Anfängen d ergiebt. Im ersten Falle waren:

Orte	Nördl. Breite	Anfang d. Stu
Charlstown	34° 45′ . . .	2 Uhr Nachm
Washington . . .	38 55 . . .	5 — —
Newyork	40 40 . . .	10 — —
Albany	44 0 . . .	7 — Morgens

übers. von Wenzel. Dresd. 1780. 8. Th. II. S. 104. Vergl. Si Amer. Journ. T. XXXV. p. 277.

1 Meteorologie. Th. I. S. 215.

2 Transactions of the phil. Soc. of New-York. T. I. Ann. de C et Phys. T. IX. p. 66.

reiten Falle:

Orte	Nördl. Breite		Anfang d. Sturms	
Cap Hatteras . . .	35°	15′ . . .	8 Uhr	Abends
Washington . . .	38	55 . . .	10 —	—
Newyork	40	40 . . .	10 —	—
Lyme	—	— . . .	2 —	Morgens
Boston	42	22 . . .	4 —	—

ach Brandes[1] müſste ſich aus dem allmäligen Fortrücken llens der Barometer an entfernten Orten auf das Fort- en des Windes in dieſer Richtung ſchlieſsen laſsen; wir a aber, wie er meint, keine genügende Menge genauer htungen, um hierüber zu entſcheiden. Auſserdem aber ses Mittel wegen der ungleichen Strömungen in ver- nen Höhen oft trüglich, denn Brandes bemerkt ſelbſt, n mit höherem Barometerſtande in den nördlichen und n Gegenden verbundener Nord- oder Oſtwind oft hier hervorbricht, ehe er allgemein wird, ſo daſs an einem n andern Orte noch durch örtliche Einflüſse ein ent- ſetzter Wind ſich erhält, während andere dazwiſchen- Orte ſchon den dem Uebergewichte des Druckes ge- Wind erhielten. Das hier Geſagte findet volle Be- g durch die oben (§. 48) mitgetheilten gleichzeitigen, n einander abweichenden Windrichtungen an verſchie- sehr oder weniger entfernten Orten, woraus hervorgeht, Windrichtung, wie ſie auch fortſchreiten mag, ſehr ine Modification und ſelbſt eine völlige Umkehrung könne, wenn ſie irgend eine andere bereits be- trifft.

Brandes[2] war nach früheren Erfahrungen nicht abge- r Franklin'ſchen Hypotheſe gemäſs ein negatives Fort- der Windrichtung anzunehmen, einmal beobachtete er ehr auffallend das Gegentheil[3]. Ein ſchwacher Weſt- ndte ſich bald mehr nach Südweſt, bald mehr nach t, als ein viel ſtärkerer, obgleich nicht abſolut ſtarker, loſt eintrat, welcher dann dauernd die Herrſchaft er- Zugleich waren zwei in etwa 1,5 Meilen Entfernung

———

Witterungskunde. S. 382.
. XXXI 438.
Witterungskunde. S. 383.

südwestlich liegende Windmühlen für westlichen Wind ge-
richtet, nach 35 Minuten aber fing man an, dieselben zu dreh
und nach 45 Minuten entschieden nach Nordost, so daſs d
dieser Wind auch dort der herrschende seyn muſste. Aehnl
Beobachtungen anzustellen hatte ich früher günstige Gele
heit. Auf einem viel besuchten Vergnügungsorte bei Ham
konnte man mehrere in verschiedenen Richtungen lie
Windmühlen übersehn und aus dem Stellen derselben b
Wechsel der Windrichtungen auf die Zeit schlieſsen, w
derselbe eintrat. In den meisten Fällen war hierbei das F
schreiten des Windes ein negatives, zuweilen aber ein posi
Auch Kämtz[1] ist der Meinung, daſs sich über die hier v
liegende Frage gar nichts Allgemeines bestimmen lasse.
findet es durchaus nicht unwahrscheinlich, daſs der W
irgend einem Orte beginne, den man der Einfachheit weg
der Mitte der Region, in der er sich zeigt, annehmen
und daſs er sich von hier aus rückwärts und vorwärts ver
Es zeigt sich dieses namentlich beim Land- und See
indem letzterer sich zuerst nur an der Küste erhebt,
mehreren Stunden aber vorwärts ins Land und rückwärts
See gedrungen ist.

58) In den neuesten Zeiten ist diese Frage durch
Menge neu hinzugekommener Erfahrungen und festere B
dung der Theorie genügend beantwortet worden. Wenn
local wirkende Ursachen partielle Winde erzeugt werden,
ihre Richtung zugleich durch diese bedingt. Findet also an
einem Orte eine schnell zunehmende starke Erwärmung
und wird hierdurch ein aufsteigender Luftstrom erzeug
müſsten bei herrschender Windstille in diesen verdünnten
die Luftmassen von allen Seiten hereinströmen und die
durch entstehenden Winde wären negativ, so wie umg
positiv, wenn eine verticale Luftsäule bedeutend abg
würde und dann als schwerer die leichteren angrenzende
sich her triebe. Allein die hierbei angenommene völlige W
stille findet kaum je statt, bei weitem in den meisten
len dagegen ist schon eine Bewegung der Luft vorhanden,
welche dann die neu entstehende Richtung bedingt und
ficirt wird, abgesehn davon, daſs selten eine Gegend hinl

1 Meteorologie. Th. I. S. 214.

t, um von allen Seiten her das Eindringen der kalten den erwärmten Raum oder das Abflieſsen der abge- Masse nach allen Richtungen hin ganz gleichmäſsig zu n. Inzwischen können unter geeigneten Umständen negative Winde entstehn, im Ganzen aber haben wir htung derselben als positiv zu betrachten, wie sich us der Beschreibung einiger ausgezeichneter Stürme näher wird. Die Erfahrungen, auf welche die älteren Physiker, en namentlich auch FRANKLIN gehört, sich stützten, die einander scheinbar widersprechenden Resultate nicht haben, wenn man dabei den Umstand nicht übersehn daſs die Luftbewegung bei den Winden wohl niemals adlinige ist, wie man annahm, sondern vielmehr eine e in engeren und weiteren Kreisen, woraus dann zu- lie Umkehrung der Windrichtung, namentlich bei hef- ürmen, sehr leicht erklärlich wird, sofern den nämlichen erst die eine und später die entgegengesetzte Seite des eitenden Wirbels trifft. Dabei ist noch zu berücksich- aſs in Gemäſsheit dieser drehenden Bewegung der Luft- die äuſseren Theile das Bestreben erhalten müssen, sich om Mittelpuncte zu entfernen, was dann zugleich ein des Barometers herbeiführt oder dasselbe unterstützt, on der andern Seite die bewegten Luftmassen ihre ein- nommene Geschwindigkeit beibehalten, sich nach den n Versuchen von CLEMENT[1] dadurch ausdehnen und ringen der umgebenden in den verdünnten Raum ver- Aus diesen vereinten, zum Theil entgegengesetzt n Ursachen wird die so ausnehmend unstete und be- wechselnde Richtung der Windfahnen, das unaufhör- wanken derselben, wie nicht minder der veränderliche rstand leicht erklärbar. Namentlich bei Gewitterstürmen er diesen zugehörige Wind sehr häufig eine entgegen- Richtung an, als welche er vorher hatte, und ändert rend ihrer Dauer, das Barometer aber pflegt in der mittelbar vor ihrem Ausbruche zu steigen, im Verlaufe abwechselnd zu sinken und zu steigen, nach ihrem ange aber einen höheren oder niedrigern Stand anzu- als es vorher hatte, je nach der Beschaffenheit der

1 Art. *Pneumatik*. Bd. VI. S. 679.

Digitized by Google

dann die Oberhand erlangenden Windrichtung. Um hier so gleich einige, auf diese drehende Bewegung der im Allgemeinen geradlinig oder selbst in Curven ſortschreitenden Winde bezüg liche Erfahrungen namhaſt zu machen, wovon weiter unten ausführlicher die Rede seyn wird, erwähne ich nur eine Bemerkung von Brandes[1], wonach man an der Nordsee diejenigen Stürme für die gefährlichsten und die gröſsten Fluthen erregend hält, die in West anfangen und sich dann nach Nordwest wenden. Auf gleiche Weise erzählt Aresz nach seinen Beobachtungen an Norwegens Küsten, daſs der West wind welcher die dortigen Wintergewitter bringt, meistens in Nordwest herumläuft und dann an Stärke und Dauer zunimmt. Was in früheren Zeiten höchst auffallend und eigentlich ganz unerklärlich schien, geht ganz einſach aus dieser rotatorischen Luftbewegung hervor, ja es folgt aus ihr fast nothwendig, nämlich daſs der Wind an verhältniſsmäſsig nicht weit von einander entfernten Orten verschiedene und sogar einander direct entgegengesetzte Richtungen hat. So erwähnt Henry Fo einen Sturm im Jahre 1835, welcher im südlichen Theile Englands südlich war, während gleichzeitig zu Darlington und Durham Nordostwind wehte. Am meisten, hauptsächlich nur in Deutschland, wurde die Nachricht von dem Sturm im December 1791 beachtet, welchen Lampadius[3] beschrieben hat. Dieser tobte hauptsächlich zu Spandau, welchen Ort als seinen Mittelpunct betrachtete, wonach dann die Luft von allen Seiten in diesen einströmend angenommen wurde, da gleichzeitig zu Göttingen Südwest, zu Königsberg aber Nordwind herrschte. Allein dieses geht keineswegs genügend aus den gesammten darüber gemachten Erfahrungen hervor, vielmehr muſs man in Gemäſsheit zahlreicher später bekannt wordener Thatsachen annehmen, daſs auch bei diesem, wie bei allen bedeutenden Stürmen, die verschiedenen Windrichtungen eine Folge der sie hauptsächlich erzeugenden wirbelnden Bewegung waren, wie weiter unten ausführlich gezeigt werden

59) Durch örtliche Bedingungen erzeugte partielle Winde, deren Entstehungsart oben für einzelne Fälle näher na

---

1 Beiträge zur Witterungslehre. S. 377.

2 Philos. Trans. abridged. T. VIII. p. 78.

3 Atmosphärologie. S. 192.

en worden ist, erstrecken sich nie über ausgedehnte Districte, ehmen vielmehr in ihrem Fortschreiten schnell ab und ver- sich bald in der gleichzeitig herrschenden allgemeinen römung. Stürme verbreiten sich in der Regel über aus- ntere Länderstrecken, jedoch keineswegs in einem solchen nge, als man nach ihrer Heftigkeit annehmen müſste, wenn sie für eine geradlinig fortschreitende Luftbewegung halten e, was dann abermals für eine drehende Bewegung der- entscheidet. Selbst die Typhons im chinesischen Meere ie Tornados an der Westküste Africa's und mehrere an- später zu erwähnende Stürme sind ihrer furchtbaren Ge- ngeachtet nicht weit verbreitet, mehr dagegen die Hurri- er Antillen, wenn sie sich im Fortgange umdrehen und die südlich liegenden nordamericanischen Staaten treffen. die SW.-, W.- und NW.-Stürme, welche vom atlan- Ocean ausgehend über das westliche Europa bis zum en fortschreiten und mit den genannten Hurricanen min- zuweilen wohl zusammenhängen dürften, haben eine geringe Ausdehnung, wie die Südstürme, die als von Africa ausgehend über Italien hin zum Föhn in hweiz übergehn. Unter allen Winden haben daher die auf den groſsen Oceanen aus leicht begreiflichen Grün- ie weiteste Erstreckung, doch scheinen ausnahmsweise türme eine ganz unglaublich weite Verbreitung zu er- Als auffallendstes Beispiel kann dasjenige dienen, was ue[1] erwähnt, wonach der Sturm, welcher am 9. Oct. n Petersburg wüthete, an dem nämlichen Tage und fast elben Stunde zu San Francisco bei Californien, auf den ch-Inseln, auf den Philippinen und auf Manilla groſse ungen anrichtete. Mit der hierdurch angedeuteten Mi- wärmer und kalter Luftmassen mögen wohl die denk- en heftigen Regen zusammenhängen, welche bald nach- groſsen Ueberschwemmungen in Deutschland anrichteten.

) Wird die Windrichtung auf irgend eine zweckmäſsige [2] gefunden, so bezeichnet man sie bekanntlich nach der- Himmelsgegend, woher der Wind weht. Zuweilen wählt erzu örtliche Bezeichnungen, z. B. Bore, Sirocco u. s. w.

Neue Reise um die Welt. Th. II. S. 74.
Vergl. Art. *Windmesser*.

in Triest und an andern Orten Italiens, weit richtiger und all-
gemeiner aber wählt man die Weltgegenden, und zwar meist
8 oder 16, selten 4, noch seltener 32, am zweckmäſsigst
würde es nach KÄMTZ seyn, in Folge allgemeiner Ueberein-
kunft den Horizont in 16 Theile zu theilen und diese bei d
allgemeinen Bezeichnung der Resultate entweder beizubeh
oder auf 8 zu reduciren[1]. Wenn indeſs den Beobachtern sol
Windfahnen nicht zu Gebote stehn, deren Zeiger in das Zi
mer herabgehn und sich daselbst über oder unter einer g
theilten Scheibe bewegen, so wird es schwer, wo nicht
möglich, bei den nothwendig hoch stehenden und mei
entfernten Windfahnen Sechzehntel des Kreises zu untersch
den, und selbst bei den genannten Vorrichtungen ist d
wegen der bedeutenden Schwankungen bei stärkeren Wi
nicht leicht, weswegen es mir am angemessensten scheint,
auf 8 Windrichtungen zu beschränken. Wählt man bloſs
4 sogenannten Cardinalpuncte, so findet keine Verschieden
der Bezeichnungen statt, wählt man aber zugleich die zwisch
liegenden, so ist zu bemerken, daſs die beiden dem Meri
zugehörigen Puncte den Vorrang bei der Bezeichnung h
und also vorangehn, man also nicht OS., sondern SO.
ebenso nicht WN., sondern NW. sagt. Dehnt man die
zeichnung auf die 8 zwischenliegenden Richtungen aus,
zu bemerken, daſs dann der zunächst liegende Cardinal
vorangeht. Hiernach hat man, von Süden anfangend, fol
16 Winde: S., SSW., SW., WSW., W..... S., SSO.,
OSO., O..... N., NNW., NW., WNW., W..... N., N
NO., ONO., O...., wenn man zur bequemeren Uebersich
vier Cardinalwinde doppelt zählt. Findet man in den Re
wirklich 16 Windrichtungen aufgezeichnet, so werden
mit der gewöhnlichen Bezeichnungsart übereinstimmend

---

1 Die lateinischen Namen der Winde sind keineswegs so
bestimmt, als man dieses neuerdings durch die Bezeichnung na
Weltgegenden zu erreichen vermochte. Folgende Namen dür
rächsten kommen: N. Boreas oder Abarctias, NNO. Supernas,
Aquilo oder Caecias, ONO. Carbas, O. Solanus, OSO. Phoe
SO. Eurus, SSO. Euronotus, S. Notus oder Auster, SSW. Austro
oder Libonotus, SW. Africus, WSW. gleichfalls Africus, W. Fav
WNW. Gallicus, NW. Caurus, NNW. Corus. Die beiden letzteren
eigentlich dieselben, und überhaupt werden die Zwischenwinde
genau unterschieden.

auf 8 dadurch reducirt, daſs man die zwischenliegenden rt. Wären z. B. 26 N., 20 NNO., 17 NO., 10 ONO. zeichnet, so gäbe die Reduction 26 + 10 = 36 N und - 10 + 5 = 32 NO., weil die Hälfte der 10 ONO. zu O. chnen sind, mithin nur 5 für NO. übrig bleiben[1].

61) Will man Resultate über die Windverhältnisse im meinen haben, so sind hierzu gleichzeitige, an mehr oder r weit von einander abstehenden Orten angestellte Beobgen erforderlich, jenachdem die Aufgabe ist, über die Aufklärung verlangt; wünscht man aber die Windverse eines gegebenen Ortes zu kennen, so würde auf gleiche , als dieses bei der Temperatur der Fall ist, erforderlich die einzeln wehenden Winde und die Zeit ihrer Dauer eichnen und aus der Summe der hierdurch gegebenen te die mehr oder weniger herrschenden Winde zu entn[2]. Diese Methode findet aber in dem unerschwingliufwande der hierfür erforderlichen Zeit ein für die Praüberwindliches Hinderniſs, zumal da diese Beobachtunne sehr geraume Zeit fortgesetzt werden müſsten, weil indrichtungen nach den Jahreszeiten und selbst in vernen Jahren sehr ungleich sind. Auſserdem würde man ht einen, wenn auch nicht bedeutenden Unterschied hmen, wenn man die bloſs bei Nacht und die bloſs am gestellten Beobachtungen vergleichen wollte, doch dürfte vorzugsweise nur an solchen Orten der Fall seyn, wo Winde wehn, namentlich an Küsten und auf Inseln. aber diese letzteren als Ausnahmen besonders berückzu werden pflegen, begnügt man sich mit mehrmaligen hnungen am Tage, wobei das mittlere Resultat die einAbweichungen um so mehr ausgleicht, je längere Zeit h die Beobachtungen angestellt worden sind. Aus diesen die älteren Meteorologen nur denjenigen Wind als den nden zu bezeichnen, welcher am häufigsten weht, die aber haben eine schärfere Bezeichnung eingeführt. Verfahren nebst der für dasselbe geeigneten Formel

---

1 Vergl. Kämtz Meteorologie. Th. I. S. 153.

2 Auf diese Weise sind die Beobachtungen angestellt worden, Ross bei seinem Aufenthalte zu Felix Harbour veranlaſste, woter unten die Rede seyn wird.

Digitized by Google

hat Lambert[1] bereits im Jahre 1777 angegeben, die Sache blieb aber unbeachtet, bis man neuerdings wieder darauf zurückgekommen ist, indem man sich jetzt allgemein der sogenannten *Lambert'schen Formel* oder *Lambert'schen Methode* bedient, was hauptsächlich durch Cesaris[2], Dove[3], Kämtz[4], Schübler[5], Otto Eisenlohr[6] und Andere geschehn ist. Man betrachtet hiernach die in verschiedenen Richtungen wehenden Winde als Erzeugnisse der die Luft bewegenden Kräfte und sucht auf gleiche Weise die Diagonale, als dieses bei zusammenwirkenden Kräften geschieht, wonach also die auf diese Weise gefundene Resultirende als diejenige Kraft anzusehn ist, welche aus den einzelnen entnommen die gesammte Luftmasse in der gegebenen Richtung bewegt haben würde[7]. Es kommt hierbei erleichternd zu statten, daſs die Richtungen der Winde in Beziehung auf den Meridian durch die Beobachtungen gegeben sind und nach beiden Seiten von den Cardinalpuncten um gleiche Winkel abstehn. Nehmen wir also den Mittelpunct der Windrose und wählen wir die Messung von N. durch O. nach S. und W. durch den ganzen Kreis bis 360 Grade, so sind für die positiv genommene östliche Richtung bei 8 Winden

$$O. + (NO. + SO.) \operatorname{Sin.} 45^\circ$$

zusammenwirkend, dagegen

$$W. + (NW. + SW.) \operatorname{Sin.} 45^\circ$$

entgegenwirkend. Auf gleiche Weise erhält man

$$N. + (NO. + NW.) \operatorname{Cos.} 45^\circ \text{ und } S. + (SO. + SW.) \operatorname{Cos.} 45^\circ$$

Nehmen wir diese zusammen, nennen wir ihre Summen A und B und suchen wir das Verhältniſs beider, so ist die Resultirende aller dieser Kräfte

$$A = O. - W. + (NO. + SO. - NW. - SW.) \operatorname{Sin.} 45^\circ,$$
$$B = N. - S. + (NO. + NW. - SO. - SW.) \operatorname{Cos.} 45^\circ$$

1 Nouveaux Mém. de Berlin pour 1777. p. 26.
2 Mem. della Soc. Ital. T. XVIII. p. 26.
3 Poggendorff's Ann. XIII. 593 u. a. a. O.
4 Dessen Meteorologie u. a. a. O.
5 Schweigger's Journ. LV. 130.
6 Untersuchungen über den Einfluſs d. Windes u. s. w. S. 5.
7 Vergleiche die Einwendungen, welche Schouw in Poggend. Ann. XIV. 555 gegen diese Methode macht.

demnach

$$\frac{0.-W.+(NO.+SO.-NW-SW.)\,Sin.\,45^\circ}{N.-S.+(NO.+NW.-SO.-SW.)\,Cos.\,45^\circ} = Tang.\,\varphi,$$

n φ die mittlere Windrichtung bezeichnet. Für 16 Wind-ungen würden wir auf gleiche Weise haben

$$\begin{aligned} 0.-W. &+ (NNO.+SSO.-NNW.-SSW)\,Sin.\,22^\circ\,30' \\ &+ (NO.+SO.-NW.-SW.)\,Sin.\,45^\circ \\ &+ (ONO.+OSO.-WNW.-WSW.)\,Sin.\,67^\circ 30', \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N.-S. &+ (NNO.+NNW.-SSW.-SSO.)\,Cos.\,22^\circ\,30' \\ &+ (NO.+SO.-NW.-SW.)\,Cos.\,45^\circ \\ &+ (ONO.+WNW.-OSO.-WSW.)\,Cos.\,67^\circ 30'. \end{aligned}$$

Bestimmung der Gröſse der Kräfte dient die Zahl, wie oft nd einer beliebigen Zeit die einzelnen Winde geweht , woraus dann noch obendrein der Vortheil hervorgeht, die Windrichtungen verschiedener Orte mit Leichtigkeit ichbar werden, wenn gleich die Beobachtungen ungleich Zeiträume umfassen. Um die Anwendung dieser Formel ein Beispiel zu zeigen, diene Folgendes. Es sey die Ge-tzahl der beobachteten Winde = 100 und diese seyen den acht Richtungen auf folgende Weise vertheilt:

N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
7;	8;	13;	13;	12;	19;	18;	10.

Zahlen in der Formel substituirt geben:

$$\frac{13-18+(8+13-10-19)\,Sin.\,45^\circ}{7-12+(8+10-13-19)\,Cos.\,45^\circ}$$

$$= \frac{-5-8\times 0{,}7071}{-5-14\times 0{,}7071} = \frac{-5-5{,}6568}{-5-9{,}8994}$$

$$= \frac{-10{,}6568}{-14{,}8994} = 0{,}715 = Tang.\,35^\circ\,35'.$$

und B positiv, also auch Tang. φ positiv, so liegt die richtung zwischen N. und O.; sind beide negativ, so ie zwischen S. und W.; ist A positiv und B negativ, die Tangente negativ, so liegt sie zwischen O. und S.; er endlich A negativ und B positiv, so fällt sie zwischen d W. Im gegebenen Beispiele ist also die mittlere richtung S. 35° 35′ W. oder sie liegt 54° 25′ südlich von . Soll nicht bloſs die mittlere Richtung der Winde, son-

Digitized by Google

dern auch die Stärke der Resultirenden bestimmt werden, so i
diese, wie bei zusammengesetzten Kräften,

$$\sqrt{(A^2 + B^2)},$$

also im vorliegenden Falle = 19,56; d. h. wenn man die Z
aller Winde durch 1000 bezeichnete, so würden 195,6 ders
ben die Richtung S. 35° 35′ haben oder 54° 25′ südlich v
West wehn.

62) Um die Zahl der einzelnen beobachteten Winde le
ter zu übersehn, pflegt man auch wohl die Gesammtmenge d
selben als Einheit zu betrachten und die einzelnen als
Theile durch Decimalbrüche auszudrücken, welches gleich
den bereits erwähnten Vortheil gewährt, daſs danach die W
richtungen an verschiedenen Orten ungeachtet der ung
langen Zeit, welche die Beobachtungen umfaſsen, vergli
werden. So entnahm Schouw[1] aus den funfzigjährigen
obachtungsregistern zu Kopenhagen im Ganzen 56050, ha
die zwischen den 8 Puncten liegenden, setzte sie den n
liegenden hinzu (wodurch die viermal vorkommenden H
entstanden), und erhielt hiernach folgende Gröſsen:

N.	4910	0,088
NO.	4861,5	0,087
O.	6607,5	0,118
SO.	5918,5	0,106
S.	7051	0,125
SW.	9361	0,167
W.	10448	0,186
NW.	6892,5	0,123

62) Bei der Bestimmung der resultirenden oder m
Windrichtung wird es sich in der Regel treffen, daſs d
keiner der beobachteten Windrichtungen genau zu
Kämtz[2] hält es daher für angemessen, nach dem von Sch
eingeführten Verfahren *das Verhältniſs der östlichen zu
westlichen, der nördlichen zu den südlichen* durch Z
auszudrücken und dieses neben der mittleren Windri
für die einzelnen Orte zugleich anzugeben, wobei sich

1 Beiträge zur vergleichenden Klimatologie. S. 9.
2 Meteorologie Th. I. S. 166.
3 Beiträge. S. 10.

Digitized by Google

versteht, daſs die Hälften der nordöstlichen und südöst- zu den östlichen, der nordöstlichen und nordwestlichen ı den nördlichen gezählt werden. Hiernach ist also für hagen das Verhältniſs der

östlichen zu den westlichen = 1 : 1,5,
nördlichen zu den südlichen = 1 : 1,3.

3) Bei der Untersuchung der Windrichtungen entsteht die ob die *Tagszeiten* einen Einfluſs auf dieselben äuſsern. ejenigen Orte, welche den Meeresküsten nahe liegen, wo ınd- und Seewinde wechseln, oder auch für solche, wo die Erwärmung am Tage und Abkühlung der Nacht er- örtliche Luftströmungen herrschen, ist die Sache wohl zweifelhaft, und die Frage kann sich daher nur auf die- ı Gegenden beziehn, wo solche Einflüsse nicht ohnehin ır sind oder erst durch die Untersuchung der Windrich- aufgefunden werden sollen. SCHOUW[1] zieht die Sache ttlere und höhere Breiten in Zweifel, weil das Klima Grund hierzu abgebe. Um dieses zu beweisen, stellt er rige im Juli zu Kopenhagen angestellte Beobachtungen nen, woraus sich ergiebt:

mittag . . .	Richtung	S.	49°	35′	W.	Stärke	0,315,
hmittag . . .	—	S.	54	36	W.	—	0,360,
mitternacht . .	—	S.	63	57	W.	—	0,367,
hmitternacht .	—	S.	58	1	W.	—	0,364.

ings zeigen sich hier nicht sehr bedeutende Unterschiede, chen bemerkt KÄMTZ[2], welcher nicht bloſs die Zahl der e angeführt, sondern auch die mittleren Richtungen nach ERT's Formel berechnet hat, daſs die Windrichtung aller- eine Neigung zeigt, am Tage von S. nach W. fortzuschrei- während der Nacht aber wieder zurückzukehren. Der Un- ied, welcher im angegebenen Falle nur 14° erreicht, wird seinen Untersuchungen bedeutender, wenn die mittlere der Winde geringer ist, so daſs dann die mittleren richtungen mitunter sogar einander entgegengesetzt wer- Zum Beweise dienen ihm zehnjährige Beobachtungen

---

Beiträge. S. 7.
Meteorologie. Th. I. S. 216.

Digitized by Google

von Nicander[1] zu Stockholm, welche folgende Grö
geben:

7h Morgens;	Richtung	S. 89° 48′ W.;	Stärke	0,165,
2 Abends;	—	N. 85 4 W.;	—	0,153,
9 Abends;	—	S. 50 54 W.;	—	0,100

und zwölfjährige von Hemmer[2] zu Mannheim, woraus fol

7h Morgens;	Richtung	N. 24° 5′ O;	Stärke	0,027,
2 Abends;	—	S. 74 32 W.;	—	0,134,
9 Abends;	—	S. 36 4 W.;	—	0,010

Ob hierbei die See bei Stockholm und der Rhein bei Ma
heim einen Einfluſs äuſsern, ist schwer zu entscheiden;
zwischen folgert Kämtz, daſs die Tageszeiten auch auf
Winde, wie auf sonstige meteorische Erscheinungen,
nen Einfluſs ausüben, der sich indeſs wegen Mangels an
länglich zahlreichen und genauen Beobachtungen noch
mit Sicherheit ermitteln läſst.

64) Man wird hiernach schon in voraus vermuthen,
es auch *monatliche Verschiedenheiten* der Windrichtu
giebt, deren Ursachen bei einigen sehr nahe liegen, bei an
aber schwer zu ermitteln sind, und sich ohne specielle U
suchungen der etwa vorhandenen örtlichen Bedingungen
nicht auffinden lassen. Die Sache selbst ist durch meh
von Schouw und Kämtz beigebrachte Beispiele auſser Zw
gesetzt; wir wollen hier gleichfalls einige mittheilen, w
genügen werden, die Gröſse der Abweichungen anschau
zu machen. Aus den Beobachtungen Bouvard's in P
findet Kämtz[3], wenn die Gesammtzahl aller Beobachtung
Abkürzung der Decimalstellen statt 1 vielmehr = 100 g
men wird, folgende Gröſsen.

---

1 Aus den Mannheimer Ephemeriden.

2 Ebendaselbst.

3 Meteorologie. Th. I. S. 243.

Paris	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	15,4	11,8	6,9	7,4	19,4	15,4	14,2	9,5
Februar	9,6	6,8	6,3	7,8	22,6	17,9	19,9	9,1
März	15,8	18,4	5,1	6,5	12,9	15,4	16,9	9,1
April	18,3	13,8	7,7	6,6	16,2	13,1	14,7	9,6
Mai	14,0	9,2	7,7	7,8	16,2	19,7	17,8	7,6
Juni	19,2	12,5	6,0	4,6	8,7	15,5	22,0	11,4
Juli	15,1	6,5	4,4	4,6	11,9	20,3	26,9	10,3
August	10,4	6,1	6,2	3,5	12,1	22,4	27,0	12,3
September	12,9	11,9	6,8	5,8	17,3	18,8	17,5	9,1
October	7,8	7,5	7,1	10,4	27,4	17,3	15,0	7,5
November	7,8	10,0	5,6	7,1	20,0	20,6	19,1	9,8
December	6,1	12,5	7,6	5,1	23,1	21,0	17,1	7,5

Die Berechnung giebt hieraus folgende Gröſsen:

Monat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
ar	S. 66° W.	0,124	1 : 1,50	1 : 1,15
uar	S. 48 W.	0,298	1 : 2,24	1 : 1,90
z	N. 59 W.	0,135	1 : 1,38	1 : 0,80
l	N. 49 W.	0,072	1 : 1,33	1 : 0,88
	S. 61 W.	0,199	1 : 1,83	1 : 1,42
	N. 60 W.	0,265	1 : 2,12	1 : 0,67
	N. 86 W.	0,364	1 : 3,71	1 : 1,16
ust	S. 80 W.	0,392	1 : 3,91	1 : 1,52
ember	S. 68 W.	0,193	1 : 1,85	1 : 2,23
ober	S. 24 W.	0,316	1 : 1,59	1 : 2,42
ember	S. 52 W.	0,290	1 : 2,18	1 : 1,73
ember	S. 39 W.	0,274	1 : 1,81	1 : 1,89

Digitized by Google

Für *Hamburg* geben die Beobachtungen folgende Gröſsen

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	9	22	43	45	17	69	57	45
Februar	10	25	32	28	11	71	66	35
März	20	46	50	31	11	41	65	[illegible]
April	17	53	43	35	9	43	59	41
Mai	10	58	43	29	9	38	65	58
Juni	8	38	18	17	7	44	94	[illegible]
Juli	9	19	25	24	12	64	97	[illegible]
August	11	22	24	30	11	73	93	[illegible]
September	9	28	30	26	17	60	87	[illegible]
October	6	20	47	42	26	72	67	50
November	8	23	46	32	19	72	73	27
December	8	24	46	38	19	74	71	29

Hieraus ergiebt sich:

Monat	Richtung.			Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu süd.
Januar	S.	52°	W.	0,210	1 : 1,58	1 : 1,60
Februar	S.	68	W.	0,277	1 : 2,02	1 : 1,57
März	N.	44	W.	0,103	1 : 1,20	1 : 0,74
April	N.	34	W.	0,078	1 : 1,09	1 : 0,7[illegible]
Mai	N.	39	W.	0,150	1 : 1,25	1 : 0,60
Juni	N.	74	W.	0,416	1 : 2,86	1 : 0,58
Juli	S.	85	W.	0,417	1 : 3,22	1 : 1,16
August	S.	78	W.	0,384	1 : 2,80	1 : 0,8[illegible]
September	S.	79	W.	0,305	1 : 2,26	1 : 1,9[illegible]
October	S.	36	W.	0,262	1 : 1,55	1 : 2,30
November	S.	50	W.	0,254	1 : 1,70	1 : 2,12
December	S.	46	W.	0,244	1 : 1,61	1 : 2,15

Kopenhagen giebt Schouw folgende Richtungen an:

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
uar	9	11	12	13	12	17	16	10
ruar	8	10	12	10	14	19	18	9
rz	10	10	15	9	13	16	16	11
ril	11	11	15	11	13	12	15	12
i	11	10	14	11	12	13	15	14
i	9	6	11	10	12	14	22	16
i	9	5	7	7	12	16	25	19
ust	6	5	8	9	12	18	25	17
tember	8	7	12	11	14	16	19	13
ber	7	8	13	13	12	19	18	10
ember	8	9	11	9	12	23	19	9
ember	9	12	14	13	12	17	16	7

Hieraus ergiebt sich:

Monat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
anuar	S. 33° 11′ W.	0,111	1 : 1,25	1 : 1,29
ebruar	S. 41 43 W.	0,175	1 : 1,88	1 : 1,78
ärz	S. 48 48 W.	0,088	1 : 1,25	1 : 1,44
pril	S. 35 16 W.	0,025	1 : 1,04	1 : 1,61
ai	S. 67 30 W.	0,026	1 : 1,21	1 : 1,26
uni	S. 78 4 W.	0,213	1 : 1,94	1 : 1,85
uli	S. 86 11 W.	0,340	1 : 3,23	1 : 2,05
ugust	S. 74 31 W.	0,331	1 : 2,80	1 : 2,53
eptember	S. 53 23 W.	0,189	1 : 1,61	1 : 1,88
ctober	S. 35 35 W.	0,183	1 : 1,59	1 : 2,06
ovember	S. 50 24 W.	0,223	1 : 1,75	1 : 2,04
ecember	S. 6 50 W.	0,108	1 : 1,03	1 : 1,45

Digitized by Google

O. Eisenlohr[1] theilt die sämmtlichen, zu Carlsr[illegible] während 44 Jahren beobachteten Windrichtungen mit:

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	322	1076	434	51	82	1369	454	118
Februar	299	771	309	38	98	1417	518	108
März	454	1008	320	26	94	1208	596	200
April	499	839	338	38	99	1119	673	175
Mai	488	909	362	48	135	1174	707	176
Juni	564	759	236	30	88	1239	731	223
Juli	446	668	174	63	121	1530	860	220
August	358	714	278	49	114	1503	714	176
September	340	850	323	40	98	1298	683	148
October	293	1055	325	89	146	1291	552	155
November	297	863	315	44	124	1594	553	80
December	234	927	410	25	119	1718	526	133

Werden diese auf die angegebene Weise berech[illegible] erhält man:

Monat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. [illegible] südl.
Januar	N. 73° 45′ W.	0,029	1 : 1,33	1:[illegible]
Februar	S. 70 12 W.	0,075	1 : 1,84	1:[illegible]
März	N. 57 40 W.	0,064	1 : 1,40	1:[illegible]
April	N. 64 37 W.	0,069	1 : 1,69	1:[illegible]
Mai	N. 79 14 W.	0,137	1 : 1,56	1:[illegible]
Juni	N. 74 18 W.	0,101	1 : 2,16	1:[illegible]
Juli	S. 88 56 W.	0,126	1 : 2,98	1:[illegible]
August	S. 78 19 W.	0,165	1 : 2,29	1:[illegible]
September	N. 89 57 W.	0,070	1 : 1,75	1:[illegible]
October	N. 87 21 W.	0,044	1 : 1,36	1:[illegible]
November	S. 67 48 W.	0,084	1 : 1,82	1:[illegible]
December	S. 55 52 W.	0,091	1 : 1,74	1:[illegible]

1 Untersuchungen über den Einfluſs des Windes u. s. w. [illegible] S. 3.

Digitized by Google

Für Orte auſser Europa wählt Kämtz die Beobachtungen
ort *Columbus*[1] am Hafen zu New-York.

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
nuar	1	14	4	6	11	27	9	49
ebruar	6	15	4	7	6	25	5	45
ärz	3	16	5	15	7	24	11	43
pril	1	14	5	21	14	28	6	31
ai	...	12	...	23	29	21	7	32
ni	1	14	1	25	19	27	7	26
li	...	9	6	15	22	40	10	22
gust	4	16	3	17	33	24	9	18
ptember	...	25	4	25	11	23	5	30
tober	2	10	8	17	19	12	7	49
vember	7	10	1	9	7	28	12	46
cember	7	13	1	14	10	23	13	43

Hieraus geht hervor:

onat	Richtung			Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
ar	N.	72°	W.	0,377	1:3,54	1:0,66
uar	N.	62	W.	0,372	1:2,89	1:0,57
z	N.	72	W.	0,267	1:2,17	1:0,74
il	S.	49	W.	0,200	1:1,63	4:1,57
	S.	34	W.	0,283	1:1,74	1;1,66
	S.	31	W.	0,257	1:1,50	1:1,73
	S.	38	W.	0,401	1:2,40	1:2,49
ust	S.	20	W.	0,291	1:1,42	1:1,68
ember	S.	42	W.	0,049	1:1,07	1:1,07
ber	N.	80	W.	0,189	1:1,94	1:0,79
ember	N.	75	W.	0,430	1:4,30	1:0,71
mber	N.	75	W.	0,330	1:2,82	1:0,75

[1] Beob. von 1822 bis 1825. Nach Lovell in meteorological re-
y the surgeons of the army. Washingt. 1826. 4.

Digitized by Google

Für *Pensacola* in Westflorida giebt Kämtz[1] folgende
stimmungen an:

Monat	Richtung	Stärke	Monat	Richtung	St
Januar	N. 17° O.	0,126	Juli	S. 32° W.	0
Februar	N. 57 W.	0,101	August	S. 31 W.	0
März	S. 12 O.	0,251	September	S. 39 O.	[illegible]
April	S. 1 W.	0,444	October	N. 57 O.	[illegible]
Mai	S. 31 W.	0,336	November	N. 85 O.	[illegible]
Juni	S. 26 W.	0,582	December	N. 56 O.	[illegible]

Aufser diesen verdienen noch die monatlichen Wi
tungen hier aufgenommen zu werden, welche Kämtz
dem Mittel der Beobachtungen von Coutelle[3] und Ni
für *Cairo* berechnet hat.

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW
Januar	17,1	14,4	2,7	9,2	36,8	6,6	10,5	2,[illegible]
März	13,3	21,3	7,5	3,3	5,5	15,6	11,4	22,[illegible]
April	16,0	10,4	4,6	4,1	3,8	9,3	22,9	28,[illegible]
Mai	32,3	22,8	4,5	9,1	6,6	6,1	6,2	12,[illegible]
Juni	47,4	28,5	6,5	0,0	3,2	1,6	2,4	10,[illegible]
Juli	77,9	12,8	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	8,[illegible]
August	83,9	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,[illegible]
September	60,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,[illegible]
October	47,6	32,3	0,0	6,4	6,5	0,0	3,2	4,[illegible]
November	41,1	15,6	16,7	7,8	12,2	3,3	0,0	3,[illegible]
December	9,5	16,2	12,2	2,7	33,8	9,5	8,1	[illegible]

Die Berechnung dieser Beobachtungen giebt folgende

Monat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nörd zu süd
Januar	S. 8° W.	0,189	1 : 0,65	1:[illegible]
März	N. 27 W.	0,284	1 : 2,32	1:[illegible]
April	N. 49 W.	0,465	1 : 3,21	1:[illegible]
Mai	N. 15 W.	0,426	1 : 3,55	1:[illegible]
Juni	N. 13 O.	0,723	1 : 18,19	1:[illegible]
Juli	N. 2 O.	0,925	1 : 124,00	1:[illegible]
August	N. 6 O.	0,959	1 : ∞	1:[illegible]
September	N. 12 O.	0,902	1 : ∞	1:[illegible]
October	N. 19 O.	0,659	1 : 6,50	1:[illegible]
November	N. 40 O.	0,447	1 : 2,57	1:[illegible]
December	S. 17 O.	0,168	1 : 0,74	1:[illegible]

1 Meteorologie. Th. I. S. 242.
2 Meteorologie. Th. 1. S. 204.
3 Description de l'Égypte T. XIX. p. 451.
4 Reisebeschreibung. Th. I. S. 476.

Digitized by Google

Aus den meteorologischen Registern, welche Falbe[1] vom 1826 bis zum October 1827 zu *Tunis* führte, ergeben folgende Windrichtungen:

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	18,0	2,2	6,7	7,9	6,8	11,2	20,2	27,0
Februar	17,3	3,7	8,6	12,3	9,9	6,2	21,0	21,0
März	16,7	8,3	8,3	8,3	9,5	4,8	17,9	26,2
April	15,5	8,3	21,4	13,1	8,3	2,4	11,9	19,0
Mai	12,0	9,9	16,5	18,7	7,7	3,3	7,7	24,2
Juni	10,3	19,6	26,4	9,2	3,5	1,2	8,0	21,8
Juli	20,2	21,1	22,0	12,9	4,6	0,0	4,6	14,6
August	24,4	11,0	18,1	16,5	12,6	0,8	2,4	14,2
September	12,4	24,3	13,3	13,3	3,5	3,5	11,5	17,7
October	16,7	7,9	10,5	11,4	9,7	8,7	14,0	21,1
November	13,3	6,0	1,2	4,8	12,0	9,6	20,5	32,5
December	7,1	9,4	3,5	4,7	12,9	11,8	28,2	22,4

Hieraus ergiebt sich:

Monat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Januar	N. 61° W.	0,381	1:1,82	1:3,48
Februar	N. 60 W.	0,235	1:1,48	1:1,96
März	N. 42 W.	0,298	1:2,25	1:1,89
April	N. 57 O.	0,114	1:1,80	1:0,78
Mai	N. 37 O.	0,159	1:1,55	1:0,78
Juni	N. 38 O.	0,365	1:4,07	1:0,56
Juli	N. 44 O.	0,449	1:3,20	1:0,34
August	N. 55 O.	0,301	1:1,66	1:0,36
September	N. 27 O.	0,304	1:2,71	1:0,63
October	N. 39 W.	0,172	1:1,53	1:1,48
November	N. 66 W.	0,453	1:1,96	1:5,22
December	N. 33 W.	0,420	1:1,32	1:3,56

---

[1] Poggendorff's Ann. XIV. 628.

Digitized by Google

Einen trefflichen Schatz von Beobachtungen liefern diejenigen, welche John Ross[1] zu *Felix Harbour* unter 70° nördl. Br. und 91° 53′ westl. L. v. G. anstellen liefs. Werden hiervon die zweijährigen genommen, welche vom Januar 1830 anfangen und mit December 1831 endigen, so giebt deren Berechnung folgende Resultate:

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	398	27	36	42	151	229	135	257
Februar	174	133	51	42	214	211	122	136
März	194	87	58	29	49	187	166	177
April	346	55	110	41	114	166	131	278
Mai	315	154	185	84	118	115	155	217
Juni	181	191	88	31	121	259	235	183
Juli	365	227	204	88	117	59	86	161
August	390	165	116	53	128	74	148	308
September	430	81	127	41	166	98	160	264
October	364	61	103	86	175	162	197	198
November	369	22	49	187	203	70	119	183
December	305	10	75	145	190	75	97	283

Hieraus ergeben sich folgende Resultate:

Monat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Januar	N. 56° 50′ W.	0,470	1 : 5,31	1:0,[illegible]
Februar	S. 79 36 W.	0,174	1 : 2,16	1:0,9[illegible]
März	N. 48 30 W.	0,377	1 : 3,00	1:0,[illegible]
April	N. 39 0 W.	0,417	1 : 2,23	1:0,[illegible]
Mai	N. 6 31 W.	0,320	1 : 1,02	1:0,[illegible]
Juni	N. 68 7 W.	0,322	1 : 2,30	1:0,[illegible]
Juli	N. 23 51 O.	0,457	1 : 0,58	1:0,[illegible]
August	N. 16 17 W.	0,530	1 : 1,50	1:0,70
September	N. 26 18 W.	0,457	1 : 1,81	1:0,3[illegible]
October	N. 50 54 W.	0,314	1 : 2,12	1:0,6[illegible]
November	N. 38 2 W.	0,164	1 : 1,60	1:0,70
December	N. 44 51 W.	0,240	1 : 1,82	1:0,68

---

1 Appendix to the Narrative of a second Voyage in search of the North-West-Passage cet. 1835. 4. Meteorol.

Um auch einen Ort aus der südlichen Halbkugel zu haben, ;en folgende in Rio de Janeiro von Bento Sanchez Dorta[1] Jahre 1787 angestellte Beobachtungen dienen.

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	2	2	10	66	17	17	12	58
Februar	11	12	0	76	14	9	17	69
März	13	14	7	92	5	35	25	57
April	20	11	6	69	19	32	25	58
Mai	12	9	1	39	40	55	34	58
Juni	24	21	2	56	31	6	33	67
Juli	19	16	7	50	16	29	41	70
August	20	27	14	61	32	8	15	71
September	18	20	2	87	14	27	18	54
October	16	2	4	97	10	55	9	55
November	1	13	0	85	32	42	13	54
December	9	29	2	77	16	44	4	67

Hieraus ergiebt sich:

Monat	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
nuar	S. 12° 26′ W.	0,118	1 : 1,11	1 : 1,81
bruar	S. 9 26 W.	0,614	1 : 1,27	1 : 1,09
irz	S. 15 50 W.	0,165	1 : 1,18	1 : 1,41
pril	S. 50 23 W.	0,338	1 : 1,52	1 : 1,27
ai	S. 77 12 W.	0,918	1 : 3,60	1 : 1,77
ni	S. 84 11 W.	0,277	1 : 1,70	1 : 0,91
li	N. 82 9 W.	0,578	1 : 2,27	1 : 0,90
gust	S. 54 20 W.	0,104	1 : 0,94	1 : 0,95
ptember	S. 7 52 O.	0,175	1 : 1,07	1 : 1,25
tober	S. 11 49 W.	0,301	1 : 1,18	1 : 1,91
vember	S. 8 58 W.	0,743	1 : 1,24	1 : 2,80
cember	S. 13 37 W.	0,234	1 : 1,09	1 : 1,35

5) Betrachten wir zuerst die in Europa gelegenen Orte, im Allgemeinen der Westwind vorherrschend, der in inzelnen Monaten sich etwas nach Süden oder nach Nor- vendet. Nach den Frühlingsnachtgleichen tritt meistens

[1] Memorias de mathematica e physica da academia real das Scien- Lisboa T. III. P. I. Von mir entnommen aus Freycinet Voyage. p. 98.

Digitized by Google

eine nördliche Richtung ein, namentlich zu Paris im März un April, zu Hamburg und Carlsruhe im März bis Juni, zu Be lin vom April bis Juli, und man könnte hieraus schlieſse daſs die Ursache im Andrange der nördlichen Luftmassen geg die mehr erwärmte äquatorische Zone liege, allein Prag ma hierbei eine Ausnahme, indem daselbst die Windrichtung e im Juni etwas nördlicher wird, in Kopenhagen aber dauert d westliche Richtung im ganzen Jahre fort. An keinem and Orte ist übrigens auffallender, als an diesem, wie die südli Windrichtung vom December an zunehmend westlicher wi im Juli das Maximum dieser Abweichung erreicht, und da fast regelmäſsig abnehmend wieder zurückkehrt. Etwas die ähnliches, jedoch minder auffallend, finden wir an allen gegebenen europäischen Orten, nämlich daſs die Windricht in den Wintermonaten am meisten südlich ist, sich dann den folgenden Monaten mehr nach Westen wendet, über d Westpunct hinaus nach Nord geht, im Juni oder Juli das M ximum dieser Drehung erreicht, dann durch West wieder z rückkehrt und sich mehr dem Süden nähert. Als Urs hiervon betrachtet Kämtz[1] den rückkehrenden Südwestp welcher die im Allgemeinen westliche Windrichtung in Eu bedingt, sofern die unter dem Aequator aufsteigenden Luftm sen unter höheren Breiten wieder herabsinken[2]. Wird im So mer das Land mehr als die See erwärmt, so dringt die L vom atlantischen Oceane stärker ein, und die Windrich geht mehr nach West und selbst nach Nord über. Als d Ursache der im Herbst mehr südlich werdenden Windrich die im October das Maximum dieser südlichen Ablenkung er reicht, betrachtet er einen Austausch der Luftmassen bei Hämisphären, in dessen Folge die der südlichen Halbk mehr der nördlichen zuströmen; ich möchte jedoch zugle auch die Ansicht hervorheben, wonach im Sommer die Län unter höheren Breiten wärmer werden und die kälteren Lu massen vom Meere her eindringen. Wenn dann nach d Frühlingsnachtgleichen die südlicheren Länder eine niedrig Temperatur annehmen, die nördlichen Luftströmungen a durch den stärkeren Andrang der südlichen und westlich

1 Meteorologie. Th. I. S. 348.
2 Nach Le Gentil in Mém. de Par. 1784. p. 480.

mungen in der Nähe der Erdoberfläche in die höheren Re-
en gehoben sind, so werden sie dort der äquatorischen
zufließsen, die südlichern Luftmassen aber unter ihnen
Norden vordringen. Man findet im Winter häufig den
pf dieser entgegengesetzten Luftströmungen, und wenn
ördlichen sich der Erdoberfläche nähern, tritt Kälte ein,
des Wetter dagegen mit Niederschlägen, wenn die durch
schnellere Bewegung kräftigeren südlichen die niederen
men einnehmen. Allezeit aber bleibt die Erklärung schwie-
und zwar um so mehr, wenn man berücksichtigt, daſs
ngegebene Regel sich selbst bis zu den sehr östlichen
ermassen Europa's erstreckt, wie Schouw[1] zwar nach
ährigen Beobachtungen zu Moscau bezweifelt, Kämtz
us siebenjährigen, in den Mannheimer Ephemeriden mit-
ilten, zur Evidenz darthut.

i6) Ueberblicken wir dagegen die angegebenen auſsereuro-
en Windrichtungen, so gewahren wir alsobald die An-
heit örtlicher Einflüsse, die sich aus leicht begreiflichen
len unter etwas höheren Breiten nicht auf gleiche Weise
können. Zu Fort Columbus, an der Küste des groſsen
s, ist in den sechs Wintermonaten der vom Lande her-
ende Nordwind, in den sechs Sommermonaten dagegen
m der See her wehende Südwind so auffallend vorherr-
l, daſs man diese Winde als wahre Mussons betrachten
Eben dieses zeigt sich zu Pensacola an der Küste des
anischen Meerbusens mit der unbedeutenden Ausnahme,
laselbst die nördliche Windrichtung nur 5 Monate anhält
m März schon die südliche beginnt. Zu Cairo dagegen,
es im Süden die ausgedehnten Sandwüsten hat, müssen
ieser Ursache das ganze Jahr hindurch Nordwinde, mei-
mit etwas östlicher Richtung, wehn, und nur in den
Wintermonaten, December und Januar, wird das Land
abgekühlt, das Meer aber behält seine höhere Tempera-
och einige Zeit bei, so daſs dann Südwinde vorherrschen.
dieses zeigt sich zu Tunis, wo der Wind unausgesetzt
ch ist, je sechs Monate abwechselnd mit östlicher oder
icher Richtung, die mit fast regelmäſsiger Zunahme und
hme allmälig in einander übergehn. Die verschiedenartigen

[1] Beiträge zur Klimatologie. S. 57.

Digitized by Google

Einflüsse scheinen mit den Polhöhen zuzunehmen, so daſs di unregelmäſsigen und stets wechselnden Windrichtungen ka irgend ein bestehendes Gesetz wahrnehmen lassen. So müss wir wenigstens nach den Beobachtungen schlieſsen, die u aus sehr hohen nördlichen Breiten zu Gebote stehn. Es g dieses sehr auffallend aus den meteorologischen Tagebüch hervor, welche Scoresby[1] in den Sommern 1807 bis 181 der Nähe von Spitzbergen führte, woraus man ersieht, daſs Windrichtung fast täglich, und an einigen Tagen sogar m mals wechselt. Für die Monate April und Juli sind keine v ständige Register vorhanden, die Monate Mai und Juni eg aber im Mittel folgende Richtungen, wenn die aufgezeichnet Windrichtungen auf die oben (§. 59) angegebene Weise a reducirt werden.

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Mai	7,4	3,7	2,0	2,3	2,1	1,6	2,1	5,6
Juni	5,1	1,9	1,4	2,7	4,3	3,2	1,8	3,9

Im Ganzen sind im grönländischen Polarmeere die n chen Winde vorherrschend, und werden bloſs im Herbst die von heftigen Stürmen begleiteten SW. und Südwind terbrochen. Dieser Uebergang zur südlicheren Richtung sich noch deutlicher, als aus der gegebenen Tabelle für Monate, aus der folgenden, welche Scoresby[2] nach den jährigen Registern seines Vaters aufgestellt hat. Hiern aus 7 Jahren für den April, 12 Jahren für den Mai, 10 für den Juni und 6 Jahren für den Juli die Windricht

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
April	6,0	4,4	2,0	1,6	3,0	2,1	2,4	3,6
Mai	7,4	3,7	2,0	2,3	2,1	1,6	2,1	5,6
Juni	5,1	1,9	1,4	2,7	4,3	3,2	1,8	3,9
Juli	2,7	2,1	1,7	1,5	5,5	5,3	2,5	2,6

Werden diese Bestimmungen nach Lambert's Methode be net, so erhalten wir als mittlere Windrichtungen für den N. 6° 41′ O., für den Mai N. 17° 55′ W., für den N. 71° 39′ W. und für den Juli S. 41° 53′ W.

1 Account of the arctic regions. T. I. App. p. 9.
2 Account. T. I. p. 411.

Digitized by Google

57) Aus den hier mitgetheilten Uebersichten der monat- mittleren Windrichtungen ergiebt sich von selbst, daſs *vierteljährliche Wechsel* statt finden müssen, die nach)ertlichkeiten bald regelmäſsiger, bald unregelmäſsiger sind. :heint mir zweckmäſsig, auch diese, wie sie bei weitem gröſsten Theile durch Kämtz berechnet sind, der Voll- gkeit wegen hier mitzutheilen.

Paris.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 48° W.	0,229	1 : 1,82	1 : 1,58
Frühling	N. 88 W.	0,128	1 : 1,50	1 : 0,99
Sommer	N. 88 W.	0,328	1 : 3,09	1 : 1,00
Herbst	S. 48 W.	0,283	1 : 1,86	1 : 1,72

Hamburg.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 55° W.	0,237	1 : 1,72	1 : 1,77
Frühling	N. 39 W.	0,110	1 : 1,18	1 : 0,70
Sommer	W.	0,397	1 : 2,96	1 : 1,00
Herbst	S. 67 W.	0,236	1 : 1,81	1 : 1,89

Kopenhagen.

ihrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu west.	nördl. zu südl.
inter	S. 37° 43′ W.	0,096	1 : 1,17	1 : 0,69
ühling	S. 47 44 W.	0,061	1 : 1,18	1 : 0,87
mmer	S. 57 15 W.	0,329	1 : 2,48	1 : 0,84
erbst	S. 51 26 W.	0,189	1 : 1,58	1 : 0,54

Berlin.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 33° W.	0,197	1 : 1,37	1 : 1,90
Frühling	S. 75 W.	0,116	1 : 1,32	1 : 1,13
Sommer	N. 83 W.	0,346	1 : 2,77	1 : 0,85
Herbst	S. 50 W.	0,201	1 : 1,60	1 : 1,67

Digitized by Google

Mühlhausen in Thüringen[1].

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 80° W.	0,288	1:2,16	1:1,19
Frühling	N. 68 W.	0,192	1:1,56	1:0,58
Sommer	N. 78 W.	0,365	1:2,92	1:0,74
Herbst	S. 64 W.	0,194	1:1,45	1:1,36

Prag.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 58° W.	0,442	1:3,70	1:2,23
Frühling	S. 74 W.	0,239	1:2,14	1:1,24
Sommer	W.	0,459	1:5,35	1:0,99
Herbst	S. 71 W.	0,429	1:4,00	1:1,56

Carlsruhe.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 73° 52′ W.	0,042	1:1,68	1:1,0[illegible]
Frühling	N. 50 6 W.	0,055	1:1,57	1:0,8[illegible]
Sommer	S. 87 23 W.	0,071	1:2,27	1:1,20
Herbst	S. 73 37 W.	0,048	1:1,54	1:1,15

Moscau.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	S. 56° W.	0,048	1:1,16	1:1,0[illegible]
Frühling	N. 63 W.	0,114	1:1,40	1:0,89
Sommer	N. 48 W.	0,188	1:1,51	1:0,71
Herbst	S. 81 W.	0,227	1:2,25	1:1,12

Fort Columbus.

Jahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Winter	N. 70° 48′ W.	0,126	1:3,00	1:0,66
Frühling	S. 62 57 W.	0,077	1:1,82	1:1,22
Sommer	S. 30 17 W.	0,126	1:1,72	1:1,27
Herbst	N. 81 19 W.	0,077	1:1,94	1:0,80

1 Aus Beobachtungen in den Jahren 1837, 1838 und 18[illegible] N. Graeger in Poggendorff's Ann. LIII. 637.

Tunis.

hrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
inter	N. 69° 14′ W.	0,080	1:2,86	1:0,71
ihling	N. 2 39 W.	0,019	1:1,04	1:0,54
nmer	N. 45 00 O.	0,109	1:0,43	1:0,39
rbst	N. 34 6 W.	0,070	1:1,52	1:0,51

Madeira[1].

ahrszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Vinter	N. 6° O.	0,397	1:0,67	1:0,17
rühling	N. 15 O.	0,419	1:0,65	1:0,11
ommer	N. 34 O.	0,673	1:0,26	1:0,01
erbst	N. 13 O.	0,379	1:0,67	1:0,13

Felix Harbour.

rszeit	Richtung	Stärke	östl. zu west.	nördl. zu südl.
ter	N. 65° 0′ W.	0,086	1:2,62	1:0,71
hling	N. 35 37 W.	0,100	1:1,77	1:0,44
mer	N. 14 25 W.	0,108	1:1,26	1:0,41
bst	N. 36 22 W.	0,091	1:1,83	1:0,55

Rio de Janeiro.

rszeit	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
ter	S. 19 55′ W.	0,059	1:1,15	1:1,36
hling	S. 48 25 W.	0,142	1:1,76	1:1,52
mer	N. 70 54 W.	0,084	1:1,55	1:0,92
bst	S. 39 3 W.	0,159	1:1,16	1:1,80

chtenswerth ist, was schon aus einer Vergleichung der hrlichen Windverhältniſse zu Fort Columbus mit denen lichen Europa hervorgeht, daſs die Windrichtung dort mer mehr zur südlichen, hier dagegen mehr zur nörd- ibergeht, während für den Winter das Gegentheil statt

---

[1] Nach Beobachtungen von Heinecken in den Jahren 1827 u. 1828). Journ. of Sc. N. X. p. 73. New Ser. N. I. p. 34. Nach Meteor. Th. I. S. 219.

findet. Ein gleiches Resultat hat Dove[1] für *Cambridge* in *Massachusets* aus Beobachtungen erhalten, welche den ganzen Zeitraum von 1791 bis 1812 umfassen; denn hierfür ist, wenn S als Nullpunct angenommen und der Winkel nach W. hin gemessen wird, die Abweichung

im Winter	113°	41′
— Frühling	50	26
— Sommer	41	12
— Herbst	118	19

Es versteht sich von selbst, daſs die monatlichen Ände-rungen der Windrichtungen in den vierteljährlichen wieder zum Vorschein kommen müssen. Man ersieht dieses auf den ersten Blick aus den gegebenen Uebersichten, und jede weitere Be-merkung würde daher überflüssig seyn. Ein auffallender Gegen-satz zeigt sich namentlich zu Moscau und Fort Columbus, in-dem dort im Frühling und Sommer die nördlichen, hier die südlichen Winde die Oberhand haben, während an beiden Orten im Herbst und Winter das Gegentheil eintritt.

68) So wie die Temperaturen und Regenmengen in ein-zelnen Jahren verschieden sind und in mehrjährigen Perioden wechseln, wenn gleich die Regel im Ganzen bestehend bleibt, so ist dieses auch bei den Windrichtungen der Fall. Diesen Satz für einzelne Jahre zu beweisen, belohnt sich der Mühe nicht, denn jeder Blick auf irgend ein Verzeichniſs mehrjähriger Windrichtungen zeigt dieses genügend, und das eigentliche Gesetz der Windrichtungen, oder die mittlere Windrichtung eines gegebenen Ortes, kann daher nur durch mehrjährige Beobach-tungen gefunden werden. Insbesondere hatte Hamilton[2] Ge-legenheit, dieses auf seinen Fahrten zwischen Liverpool und Philadelphia zu beobachten, indem er die dort herrschenden Winde in verschiedenen Jahren sehr wechselnd fand und keine regelmäſsige Folge anzutreffen vermochte. Von 2029 Tagen, an denen der Wind beobachtet wurde, fielen 98 in den Januar, 135 in den Februar, 198 in den März, 334 in den April, 264 in den Mai, 172 in den Juni, 125 in den Juli, 2.. in den August, 159 in den September, 144 in den October, .. in den November und 179 in den December. Unter die-

1 Repertorium der Physik. Th. IV. S. 178.

2 Trans. of the Amer. philos. Soc. cit. New ser. T. II. p. 14..

ren N. 208, S. 167, O. 361, W. 1101 und veränderliche 192. wischen ist das Verzeichniſs nicht geeignet, die mittlere atliche, vierteljährliche und jährliche Windrichtung daraus bestimmen, weil Hamilton sich nicht stets zur See be- l und namentlich weniger in den Wintermonaten, als im imer. Die in Kopenhagen angestellten Beobachtungen von Jahren 1751 bis 1776, dann von 1782 bis 1788, dann 1798 bis 1805, worin das Jahr 1801 fehlt, endlich von i bis 1819 und vom Jahre 1823, im Ganzen also von Jahren, hat Schouw[1] zusammengestellt. Aus diesen hebt tz[2] die beiden Jahre 1765 und 1800 hervor, in denen mittlere Windrichtung am meisten, nämlich um mehr als Grade, verschieden ist. Wird für jedes fünfte Jahr die ere Richtung und Stärke der Winde gesucht, so erhält hieraus folgende Resultate:

1751	Richtung	S. 57°	7′	W.	Stärke	0,181
1755	—	N. 80	48	W.	—	0,180
1760	—	N. 87	38	W.	—	0,212
1765	—	N. 59	13	W.	—	0,290
1770	—	N. 86	41	W.	—	0,122
1775	—	S. 50	30	W.	—	0,313
1785	—	N. 75	41	W.	—	0,183
1800	—	S. 17	59	W.	—	0,235
1815	—	S. 38	7	W.	—	0,114
1823	—	S. 43	43	W.	—	0,261

Werden die Beobachtungen von je neun Jahren zusammen- lt, so giebt dieses fünf Perioden, worin die Windver- sse folgende sind:

rste Periode:	Richtung	S. 83°	5′	W.	Stärke	0,200
weite Periode:	—	S. 70	1	W.	—	0,171
ritte Periode:	—	S. 55	2	W.	—	0,113
ierte Periode:	—	S. 73	40	W.	—	0,157
fünfte Periode:	—	S. 45	59	W.	—	0,172

ch also zwischen der ersten und fünften Periode ein Un- ied von nahe 40 Graden statt findet. Man ersieht hier- wie viel schärfere Resultate durch die von Kämtz befolgte

---

[1] Beiträge zur vergleichenden Klimatologie. S. 67.
[2] Meteorologie. Th. I. S. 218.

Digitized by Google

Methode erhalten werden, als durch die, welche Schouw an- gewandt hat. Dieser theilt nämlich das Ganze in zwei Perioden, vereinigt in der ersten die Beobachtungen von Horrebow in den 26 Jahren von 1751 bis 1776, in der zweiten in den 24 Jahren von 1782 bis 1788, 1795 bis 1805, 1815 bis 18 und 1823, und erhält dann folgende mittlere Werthe

Periode	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.	östl.	westl.
1	10	10	12	8	12	18	19	11	30	48
2	7	7	12	13	13	16	19	13	32	48

In diesen längeren Perioden müssen sich die Unterschiede zwischen den kürzeren und zwischen einzelnen Jahren aller- dings mehr ausgleichen, so daſs in Rücksicht hierauf aller- die Folgerungen bestehn können, welche Schouw daraus leitet. Es sollen nämlich hiernach die Windverhältnisse Kopenhagen sowohl für das ganze Jahr, als auch für die zelnen Jahrszeiten in dem Zeitraume, welchen diese meteo- logischen Beobachtungen umfassen, unverändert geblieben allein es zeigt sich doch allerdings auch in dieser Zusam- stellung ein zunehmender Uebergang der Windrichtungen Südlichen, noch evidenter geht dieses aber aus den Kämtz erhaltenen Resultaten hervor. Otto Eisenlohr[1] die mittlere Windrichtung für Carlsruhe aus 44 Jahren und gleich aus den letzten 26 Jahren berechnet; die ganze giebt S. 84° 20′ W., die letztere S. 87° 22′ W., also sich auch hier ein merklicher Unterschied. Aus den Beobach- tungen zu Paris in den Jahren 1806 bis 1826 von Bou- findet Kämtz die mittlere Windrichtung daselbst S. Eugène Bouvard[3] aber findet sie aus diesen und den Beobachtungen S. 79° W., mit einem auffallend groſsen Unter- schiede und dem merkwürdigen Umstande, daſs zu Paris Carlsruhe die Windrichtung mehr westlich, zu Kopenhagen mehr südlich geworden ist. Hiernach unterliegt es wohl kein Zweifel, daſs die mittlere Windrichtung an den nämlich

1 Untersuchungen über den Einfluſs des Windes u. s. w. S. der ersten Bestimmung an dieser Stelle befindet sich ein Fehler. muſs heiſsen

$$\frac{-\ 209,\ 9369}{-\ \ 20,\ 8278} = 10{,}079 = \text{tang. } 84^\circ\ 20'.$$

2 Mém. de l'Instit. T. VII. p. 332.

3 Quetelet corresp. math. et phys. T. VIII. p. 273.

n in einzelnen Jahren merklich verschieden seyn könne, ı sie gleich im Ganzen sich gleich bleibt und nach beiden n hin mehr oder minder abweicht, wodurch Unterschiede ehn, die sich erst durch eine längere Reihe von Jahren r ausgleichen.

59) Aus den immerhin noch in verhältniſsmäſsig geringer vorhandenen Beobachtungsregistern von verschiedenen ı im westlichen und östlichen Europa und in den veren Staaten America's hat Kämtz[1] eine Uebersicht der an ı Theilen der Erdoberfläche herrschenden mittleren Windngen gegeben, welche um so mehr von Interesse ist, als ber denjenigen Theil der nördlichen Erdhälfte Auskunft wo die meisten partiellen Störungen vorwalten, die sich r leicht auffinden lassen, als diejenigen, welche näher bei uatorischen Zone die beständigen Winde afficiren. Es rnach im Mittel in

	Richtung	Stärke
England	S. 66° W.	0,198
Frankreich[2] und Holland .	S. 88 W.	0,133
Deutschland	S. 76 W.	0,177
Dänemark	S. 62 W.	0,170
Schweden (Stockholm) . .	S. 77 W.	0,228
östliches Europa	N. 87 W.	0,167
nördliche vereinigte Staaten	S. 86 W.	0,182

ie sich hieraus ergiebt, ist die Windrichtung allgemein ı, mit einer geringen Annäherung nach Süden, die im n Europa zur nördlichen übergeht. Finnland und Itachen hiervon eine Ausnahme, indem dort, vermuthlich des bottnischen Meerbusens, die Winde eine mehr südier aber, wegen der Nähe der Alpen, eine mehr nördichtung annehmen.

) Es sind bei weitem noch nicht genügende Beobachvorhanden, aus denen man eine tabellarische Uebersicht ndrichtungen für die wichtigsten Orte der Erde zu-

---

1 leteorologie. Th. I. S. 250. Eine sehr ausführliche Tabelle über eren Windrichtungen im Staate Newyork giebt Dove in Reper-Th. IV. S. 176.

2 er Mistral im südlichen Frankreich macht hiervon eine Aus-S. §. 40 und 48.

sammenstellen könnte; inzwischen hat Kämtz bereits [illegible] nicht unbedeutende Zahl von Bestimmungen gesammelt, [illegible] ich gebe daher diese um so viel vermehrt, als ich noch au[illegible] dem aufzufinden vermochte, in der folgenden Tabelle, w[illegible] nach der auch anderweitig in diesem Werke befolgten Meth[illegible] in alphabetischer Ordnung zusammengestellt ist.

Windverhältnisse.

Orte	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. [illegible]
Abo[1]	S. 53° W.	0,075	1 : 1,19	1:1,1[illegible]
Amsterdam[2] . . .	S. 61 W.	0,164	1 : 1,60	1:1,[illegible]
Andex[3]	N. 89 W.	0,282	1 : 2,24	1:0,9[illegible]
Apenrade[4]	N. 64 W.	0,082	1 : 1,26	1:0,[illegible]
Archangelsk[5] . . .	S. 47 W.	0,065	—	—
Baton-Rouge[6] . .	S. 10 W.	0,109	1 : 1,07	1:1,[illegible]
Berlin	S. 68 W.	0,195	1 : 1,69	1:1,[illegible]
Böringen[7]	S. 84 W.	0,095	1 : 1,36	1:1,[illegible]
Brady[8], Fort . . .	S. 55 W.	0,205	1 : 1,16	1:1,[illegible]
Brooke[9], Cant. . .	S. 31 O.	0,096	1 : 0,85	1:1[illegible]
Cairo	N. 7 O.	0,508	1 : 0,70	1:0[illegible]
Cambridge[10] . . .	N. 87 W.	0,258	1 : 2.35	1:0[illegible]
Carlsruhe	S. 84 W.	0,207	1 : 1,73	1:1[illegible]
Christiansöe[11] . .	S. 75 W.	0,166	1 : 1,57	1:1[illegible]
Churchil, Fort[12] .	N. 42 W.	0,399	1 : 2,48	1:0[illegible]
Clinch[13], Cant. .	S. 4 W.	0,176	1 : 1,07	1:1,[illegible]

1 Beobacht. von Leche von 1750 bis 1761 in Schwed. A[illegible] XXIV. S. 193.

2 Beob. von 1701 bis 1749 und 1766 bis 1770 in C[illegible] Th. II. S. 200.

3 Beob. von Kettel von 1781 bis 1792 in Mannh. Ephem[illegible]

4 Beob. von Neuber von 1812 bis 1820 in Schouw Beitr. [illegible]

5 Kupffer in Mém. de Petersb. VIme Ser. T. II. p. 215.

6 Lovell Meteorol. register by the surgeons. Washingt. [illegible] Beob. von 1826.

7 Höslin in Schweiggers Journ. LV. 136.

8 Beob. von 1823 bis 1825, mitgeth. durch Lovell a. a. O.

9 An der Tampa-Bai in Florida. Mitgeth. durch Lovell.

10 In Nordam. Beob. von Williams, von 1785 bis 1787 in [illegible] Ephemeriden.

11 Beob. von 1815 bis 1822. Nach Schouw a. a. O.

12 An d. Hudsonsbai. Beob. von 1767 und 1768. Von Wa[illegible] Phil. Trans. 1780. p. 134.

13 In Florida. Beob. von 1822 bis 1824. Nach Lovell.

Orte	Richtung		Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
..nie Mansion[1] .	S. 81°	W.	0,254	1:2,07	1: 1,17
..lumbus, Fort .	S. 76	W.	0,231	1:2,07	1: 1,08
..rk[2]	N. 85	W.	0,201	1:1,92	1: 0,94
..uncil Bluffs[3] .	S. 24	W.	0,065	1:1,15	1: 1,16
..wford[4], Fort .	N. 85	W.	0,171	1:2,15	1: 0,94
..xhaven[5]	N. 85	W.	0,176	1:1,78	1: 0,98
..nzig[6]	N. 89	W.	. . .	. . .	. . .
..ainvilliers[7] . .	S. 30	W.	0,139	1:1,45	1: 1,37
..erfeld[8]	S. 52	W.	0,290	1:2,68	1: 1,82
..urt[9]	S. 78	W.	0,199	1:1,80	1: 1,44
..ix-Harbour . .	N. 35 43′	W.	0,368	1:1,75	1: 0,62
..ttingen[10] . . .	S. 32	W.	0,141	1:1,28	1: 1,44
..port[11]	W.		0,141	1:1,55	1:1,097
..le[12]	N. 86	W.	0,289	1:3,13	1: 0,93
..nburg[13]	S. 81	W.	0,229	1:1,84	1: 1,21
..mannsgave[14] .	S. 32	W.	0,200	1:1,40	1: 1,78
..ard[15], Fort .	S. 60	W.	0,161	1:1,48	1: 1,28
..p[16], Cant. . .	S. 50	O.	0,197	1:0,62	1: 1,53
..aston[17], Fort .	N. 72	W.	0,162	1:2,55	1: 0,84

In Pertshire. Beob. von 1821 bis 1824 von Macritchie in Edinb. ..urn.
Beob. von 1818 bis 1820 von Holt. Aus Ann. of Philos. von ..Beiträge a. a. O.
Beob. von 1822 bis 1825. Nach Lovell.
Beob. von 1822 bis 1824. Ebend.
Buek Hamburgs Klima und Witterung. Hamb. 1826. S. 83.
Beob. in 18 Jahren von Kleefeld. Nach Dove in Poggendorff's ..III. 585.
Beob. von 1748 bis 1759 und 1761 bis 1778. Von Duhamel in ..Mém. T. II. p. 326.
Schouw Beiträge. p. 44.
Beob. von 1781 bis 1788 von Planer in Mannh. Ephem.
Göttingen in med. phys. u. hist. Hinsicht, von Marx. Gött. . 72.
Beob. von 1818 bis 1820 von Burney. Aus Ann. of phil. in ..Beitr. S. 34.
Beob. von 1816 bis 1818 u. 1820 bis 1822 von Bullmann, mit..durch Kämtz Met. Th. I. S. 225.
Beob. von 1788 bis 1809 u. 1816 bis 1823. In Buek Hamburgs ..u. s. w.
Beob. von 1802 bis 1805 in Schouw Beiträge. S. 29.
Unweit des See Michigan. Beob. von 1822 bis 1825. Nach Lovell.
Am Sabine-River. Beob. von 1823 bis 1825. Nach Lovell.
In Nordcarolina. Beob. von 1822 bis 1825. Ebend.

Digitized by Google

Orte.	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
Kendal[1]	S. 69° W.	0,214	1 : 1,83	1 : 1,81
Kerk[2]	N. 89 W.	0,200	1 : 1,15	1 : 0,94
Keswick[3]	S. 43 W.	0,244	1 : 1,60	1 : 2,05
Königsberg[4] . . .	S. 71 W.	. . .	. . .	. . .
Kopenhagen . . .	S. 63 W.	0,158	1 : 1,53	1 : 1,33
Laihela[5]	S. 66 W.	0,120	1 : 1,54	1 : 1,22
Lancaster[6]	S. 35 W.	0,308	1 : 1,70	1 : 2,50
London[7]	S. 77 W.	0,174	1 : 1,69	1 : 1,15
Lüneburg[8]	S. 85 W.	0,317	1 : 2,04	1 : 1,1[illegible]
Madera	N. 20 O.	0,463	1 : 0,53	1 : [illegible]
Mailand[9]	N. 61 O.	0,088	1 : 0,82	1 : [illegible]
Manchester[10] . . .	S. 42 W.	0,411	1 : 2,33	1 : 1,[illegible]
Mannheim[11] . . .	N. 65 W.	0,047	1 : 1,15	1 : 2,[illegible]
Mifflin[12], Fort . .	S. 55 W.	0,184	1 : 1,50	1 : 1,[illegible]
Montmorenci[13] . .	N. 48 W.	0,162	1 : 1,56	1 : 0,7[illegible]
Moscau[14]	N. 80 W.	0,127	1 : 1,53	1 : 0,9[illegible]
Moultrie[15], Fort .	S. 65 O.	0,280	1 : 0,42	1 : 1,4[illegible]
Mühlhausen . . .	W	0,260	1 : 1,92	1 : 0,9[illegible]

---

1 Beob. von 1788 bis 1792, aus Dalton's meteor. essays in S[illegible] Beitr. S. 35.

2 Nach 2jähr. Beobacht. S. Dove in Poggendorff's Ann. X[illegible]

3 Ebendaselbst.

4 Aus eilfjährigen Beob. von Sommer. Nach Dove in Pogg[illegible] Ann. XIII. 585.

5 Beob. von 1751 bis 1754 von Stjerwal in Schwed. Abh. [illegible] S. 120.

6 Beob. von 1816 bis 1822 von Heaton aus Ann. of [illegible] Schouw Beitr. a. a. O.

7 Beob. von 1807 bis 1818 aus Howard Climate of L[illegible] Schouw Beitr. a. a. O.; von 1819 bis 1822 in Daniell meteor[illegible] von 1776 bis 1781 und 1787 bis 1789 in Philos. Trans.

8 Beob. von 1818 bis 1826 von Rauschenbusch in Kastner's [illegible] Th. I. S. 196.

9 Beob. von 1763 bis 1817 auf d. Sternwarte, nach C[illegible] Memorie della Soc. Ital. T. XVIII. p. 73.

10 Beob. von 1819 bis 1821 von Hanson. Aus Ann. of Ph[illegible] Schouw Beitr.

11 Beob. von 1781 bis 1792 von Hemmer in Mannh. Ephem.

12 In Delaware. Beob. von 1823 u. 1824 bei Lovell a. a. [illegible]

13 Beob. von 1768 bis 1782 in Cotte Mém. T. II. p. 456.

14 Beob. von 1785 bis 1789, von 1791 bis 1793 von St[illegible] Mannh. Ephem.

15 Bei Charlstown. Beob. von 1823 u. 1824 bei Lovell a. a[illegible]

Orte	Richtung	Stärke	östl. zu westl.	nördl. zu südl.
München[1]	S. 59° W.	0,305	1 : 2,20	1 : 2,44
New-Malton[2] . .	S. 82 W.	0,149	1 : 1,69	1 : 1,08
Nicolajeff[3]	N. 24 O.	. . .	. . .	. . .
Ofen[4]	N. 70 W.	0,256	1 : 2,15	1 : 0,69
Padua[5]	N	0,337	1 : 1,01	1 : 0,34
Paris	S. 68 W.	0,214	1 : 1,98	1 : 1,28
ʼeissenberg[6] . . .	S. 43 W.	0,165	1 : 1,32	1 : 1,59
ʼenzance[7]	N. 86 W.	0,138	1 : 1,55	1 : 0,95
ʼetersburg[8] . . .	N. 67 W.	0,100	1 : 1,33	1 : 0,86
rag[9]	S. 74 W.	0,383	1 : 3,51	1 : 1,43
egensburg[10] . . .	N. 31 W.	0,164	1 : 1,22	1 : 1,07
ochelle[11]	N. 72 W.	0,073	1 : 1,21	1 : 0,92
io-Janeiro . . .	S. 39 W.	0,377	1 : 1,39	1 : 1,37
om[12]	N. 61 W.	0,149	1 : 1,80	1 : 0,93
gan[13]	S. 30 W.	0,218	1 : 1,48	1 : 1,77
vern[14], Fort . .	S. 49 W.	0,039	1 : 1,12	1 : 0,95
mpheropol[15] . .	S. 71 O.	0,227	. . .	. . .
agen[16]	S. 63 W.	0,171	1 : 1,49	1 : 1,57
elling[17] Fort .	S. 81 W.	0,230	1 : 2,18	1 : 1,10
ndmör[18]	S. 59 W.			

Beob. von 1781 bis 1792 von Hübpauer in Mannh. Ephem.
Beob. von 1819 bis 1822 und von 1824 u. 1825 von Stockton of phil. nach Schouw a. a. O.
Nach Kupffer in Mém. de Petersb. VIme Ser. T. II. p. 215.
Beob. von 1782 bis 1792 von Weiss und Bruna in Mannh. Ephem.
Beob. von 1781 b. 1792 von Toaldo u. Chiminello in Mannh. Ephem.
Beob. von 1781 bis 1792 von Fischer, Schlögel und Schwaiger nh. Ephem.
Beob. von 1807 bis 1827 von Giddy in Philos. Mag. and Ann. p. 173.
Beob. von 1772 bis 1792 von J. A. Euler in Nov. Act. Acad. T. IX. p. 393. Nach Schouw a. a. O.
Beob. von 1781 bis 1787 u. 1789 bis 1791 von Strnadt in Mannh.

Beob. von 1783 bis 1786 und 1788 bis 1790 von P. Heinrich in Ephem.
Beob. von 1783 bis 1790 von Seignetti. Ebend.
Beob. von 1782 bis 1792 von Calandrelli. Ebend.
Beob. von 1781 bis 1792 von Preuss. Ebend.
In Maryland. Beob. von 1822. Bei Lovell.
Nach Kupffer in Mém. de Petersb. VIme Ser. T. II. p. 215.
Beob. von 1815 bis 1822. Nach Schouw a. a. O.
Am Missisippi. Beob. von 1822 bis 1824. Bei Lovell a. a. O.
Nach Dove in Poggendorff's Ann. XIII. 585.

Digitized by Google

einen ganzen Kreis. Nach Lampadius[1] sind die Dreh des Windes bei uns häufiger von der Linken zur Rechte umgekehrt, und die Regel ist, daſs der Wind von Nord Ost, Süd und West wieder nach Nord übergeht, in jedes Jahr zu jeder Jahreszeit mehrere Perioden solche hungen giebt, die zuweilen ganze Wochen, zuweilen nige Tage dauern und in denen der Wind selten zurück Zugleich betrachtet er[2] dieses Gesetz als wesentlich z herbestimmung der Witterung, denn hierauf beruht ihm sogenannte regelmäſsige Periode, in welcher d durch Süd mit heiterem Wetter nach West übergeht, Regen erfolgt, und einige Zeit anhält, bis er sich wendet und wieder heiteres Wetter folgt. Eine unreg Periode dagegen nennt er die, wenn der Westwind b Nord, bald nach Süd abweicht, zu welcher Zeit d Witterungsregeln trügen. Schübler[3] bemerkt bloſs daſs die Drehung der Winde in Deutschland in der n nen Ordnung häufiger erfolge, als in der umgekehrte der gewichtigsten Zeugnisse aber ist das von Poitevi cher aus, 35 Jahre zu Montpellier angestellten Beobac folgert, daſs vorzugsweise die heftigen Süd- und S winde, die zugleich mit Regen begleitet zu seyn pflege SW. und W. nach NW. gelangen, und sich daselbst setzen pflegen, die Nord- und Nordostwinde in S Südwestwinde übergehn, Nordwinde aber sich sc NW. wenden. Nach Duden[5] findet ein ähnliches in Nordamerica statt, indem der Wind innerhalb zehn zig Tagen in der angegebenen normalen Richtung ein Kreis durchläuft; dreht er sich dagegen in entgeg Richtung, so dauert dieses nur 12 bis 24 Stunden.

Für die südliche Halbkugel giebt es ungleich wen obachtungen, als für die nördliche, dennoch aber ist

---

1 Systematischer Grundriſs der Atmosphärologie. Freyb S. 189.

2 Beiträge zur Atmosphärologie. Freyb. 1817. S. 11.

3 Grundsätze der Meteorologie. Leipzig 1831. S. 28.

4 Climat de Montpellier. p. 65. Nach Dove in Poggend XV. 55.

5 Reise nach den westlichen Staaten Nordamerica's. S. Kämtz Meteorologie. Th. I. S. 257.

errschendes, aber umgekehrtes Verhalten der Aufmerk- der Seefahrer nicht entgangen. Don Ulloa[1] sagt aus- h, der Wind im südlichen stillen Oceane setze sich SO. fest, und gehe niemals von dieser Richtung zu O. ine Veränderung sey vielmehr stets nach W. oder SW., au entgegengesetzt, was man auf der nördlichen Halb- ahrnimmt. Auf beiden Halbkugeln erfolge die Verän- ler Windesrichtung mit dem Laufe der Sonne, auf der n von O. nach S. und dann nach W., auf der süd- on O. nach N. und dann nach W. Ebenso bemerkt Le , er habe wahrgenommen, was auch von andern schon worden sey, daſs die Winde auf der südlichen Halb- e auf der nördlichen herrschende Regel nicht befolgen, dieser durchlaufen sie den Compaſs in der Richtung lurch NO. nach O. und SO. bis S. u. s. w., auf jener ler entgegengesetzten Richtung. Stürme und einzelne Ise scheinen diesem Gesetze nicht unterworfen zu seyn, Jrsache die Physiker noch nicht aufgefunden haben. tätigung dieser Thatsache erhielt Dove von dem preu- Schiffscapitaine Wendt, welcher sich dabei namentlich Erfahrungen am Vorgebirge der guten Hoffnung und Horn bezog.

Wie man hieraus ersieht, war die Thatsache seit ge- Zeit genügend bekannt, niemand versuchte aber mit em Erfolge dieselbe vollständig zu erklären und mit meinen Bewegungsgesetzen unserer Atmosphäre in cau- indung zu setzen, bis dieses neuerdings durch Dove sehr genügende Weise geschehn ist. Ehe wir uns t den durch ihn gefundenen Resultaten bekannt ma- d es zweckmäſsig seyn, dasjenige zu überblicken, was Lohr[3] in dieser Beziehung aus 44jährigen Beobach- ı Carlsruhe abgeleitet hat, wobei man sich des Wun- ht enthalten kann, daſs viele solche sichere Thatsachen ı seyn möchten, um ein bestimmtes Gesetz daraus

---

yage to South America. T. I. p. 8. Dove in Poggendorff's VI. 329. führt diese Zeugnisse an.

yage dans les Mers de l'Inde. T. II. p. 701.

ersuchungen über den Einfluſs des Windes u. s. w. Heidelb. 0.

Digitized by Google

abzuleiten. Zuerst zeigt eine Tabelle die auf 10000 reducirte Veränderungen der verschiedenen Winde aus 46665 Beobachtungen in der Art, daſs eine Veränderung angegeben ist, wenn der Wind bei der zweiten Beobachtung schon in eine andere Richtung übergegangen war. Es ergiebt sich hieraus, daſs die am häufigsten herrschenden Winde zugleich die beständigsten sind.

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	3789	2026	2880	5098	5000	1680	345[illegible]	[illegible]
Februar	3646	2283	2492	6579	6020	1814	3784	[illegible]
März	3854	2431	3938	7308	6489	2277	3960	[illegible]
April	4028	3075	4172	7368	7172	2949	417[illegible]	[illegible]
Mai	4324	3069	4033	8125	6444	2760	4003	[illegible]
Juni	3918	3281	4153	8333	7273	2840	4131	[illegible]
Juli	4238	3219	5115	6667	7355	2660	4082	[illegible]
August	4524	3025	3633	7755	7895	2675	416[illegible]	[illegible]
September	4588	2553	3406	7500	6633	2404	3529	[illegible]
October	4949	2398	3569	5506	5822	2587	3768	[illegible]
November	3535	2352	2730	7045	5323	1851	3816	[illegible]
December	3590	1780	1951	8000	4874	1523	3175	[illegible]
Winter	3684	2015	2446	6228	5284	1661	3471	[illegible]
Frühling	4081	2837	4049	7679	6677	2654	4049	[illegible]
Sommer	4181	3176	4186	7394	7523	2720	4121	[illegible]
Herbst	4366	2431	3240	6358	5870	2250	3691	[illegible]
Jahr	4094	2581	3387	6876	6343	2296	3872	[illegible]

Eisenlohr stellt ferner die Drehungen der Winde nach Gröſse des durchlaufenen Bogens in mehreren Tabellen zusammen; es wird aber für unsern Zweck genügen, nur die Summen dieser Drehungen in den verschiedenen Jahreszeiten und im ganzen Jahre hier anzugeben. Dabei bezeichnet normale Drehung die von Baco als die häufigste angegebene, wenn der Wind von S. nach W., dann nach O. u. s. w. übergeht, *anorme* dagegen, wenn er sich von S. durch SO.; O.; u. s. w. bewegt.

Summe der normalen Drehungen:

Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
934	1361	1476	1170	4941

Summe der abnormen Drehungen:

Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
852	1237	1377	1072	4538

.

ach ist das Verhältniſs der abnormen Drehungen zu den len nicht gröſser als 1:1,0888 oder = 1:1,09, wonach lie normalen nur um höchstens 0,1 die abnormen über-. Dieses Resultat scheint mir aber in gewisser Bezie- ein unrichtiges zu seyn, weil die bleibenden stärkeren ngen mit vorübergehenden partiellen vereint sind. Nicht , wo nicht meistens, pflegt der Wind seine Richtung rze Zeit zu ändern und eine entgegengesetzte anzuneh- namentlich wenn er in seiner mittleren Richtung, also im enden Falle aus West, mit einer geringen Abweichung üd weht, ohne jedoch seine normale Drehung im Ganzen lern. Dieses ergiebt sich deutlich aus einer Zusammenstel- der Drehungen durch kleinere und gröſsere Bogen, wie von Eisenlohr mitgetheilt ist. Hiernach war die Sum- r

normalen Drehungen			abnormen Drehungen		
durch	45° . . .	2140	durch	45° . . .	2183
—	90 . . .	938	—	90 . . .	886
—	135 . . .	855	—	135 . . .	805
—	180 . . .	1008	—	180 . . .	664

erhältniſs der abnormen Drehungen zu den normalen ist r 55° ein umgekehrtes, nämlich = 1,02:1 und muſs da- as Verhältniſs der Gesammtsumme verrücken; bei 90° ich dagegen schon die Sache richtiger heraus, und ebenso 0°, wo das Verhältniſs der abnormen Drehungen zu den len = 664:1008 oder = 1:518 ist, so daſs die nor- Drehungen die abnormen um mehr als ein Drittel über-. Vermöge eines so gewichtigen Beweises dürfen wir an ichtigkeit des *Baco'schen Gesetzes* nicht mehr zweifeln, weniger, da auch die zwar nur einjährigen, aber stünd- gestellten Beobachtungen zu Apenrade[1] das Verhältniſs normen Drehungen zu den normalen = 457:559, also 1,223, mithin die letzteren fast ein Viertel gröſser n.

---

[1] Collectanea meteorologica cet. Hafn. 1829. 4. p. 222.

Digitized by Google

dagegen aber findet sich eine wichtige Folgerung vollkom[illegible] bestätigt, welche Dove an das Theorem der neben ein[illegible] strömenden entgegengesetzten Windrichtungen knüpft. Ab[illegible] sehn von örtlichen Einflüssen, namentlich von der vielfach [illegible] diesem Werke besprochenen ungleichen Bodenwärme, wird [illegible] an denselben Orten zu verschiedenen Zeiten statt f[illegible] Wärme oder Kälte, erstere mit Nässe, letztere mit Trocken[illegible] verbunden, durch die herrschende Windrichtung bedingt, [illegible] somit wird dann leicht erklärlich, daſs in manchen Jahren [illegible] und kalte Witterung an westlicher gelegenen Orten [illegible] wenn das entgegengesetzte Verhalten an den östlichen [illegible] findet und umgekehrt. Wenn einmal solche entgegeng[illegible] Luftströmungen existiren, so folgt daraus von selbst, [illegible] der Mitte zwischen beiden wirbelartig sich drehende W[illegible] entstehn müssen, aus denen sich die oft vorkommenden [illegible] änderungen der Winde in der einen und der entgegenge[illegible] Richtung erklären lassen; im Allgemeinen aber sollen [illegible] Dove die südlichen Windrichtungen in der gemäſsigten [illegible] der nördlichen Erdhälfte über dem atlantischen Oceane [illegible] Südsee, mit Einschluſs der Westküsten, die nördlichen [illegible] gen über den asiatischen und americanischen Continenten [illegible] zugsweise herrschen[1].

75) Gegen diese Hypothese erklärte sich Schouw[2], [illegible] zwar vorzüglich deswegen, weil sich die nordöstliche [illegible] richtung in Petersburg nicht findet, ja selbst in Barg[illegible] östlichen Sibirien und im Nertschinsk-Thale Nord- und [illegible] winde die herrschenden seyn sollen[3], wobei jedoch [illegible] Abrede gestellt wird, daſs dieses Argument nicht ent[illegible] sey, weil Oertlichkeiten gerade an diesen Orten von [illegible] gendem Einflusse seyn können, ohne zugleich die [illegible] Luftströmungen im gesammten östlichen Ruſslande au[illegible] ſsen. Die gröſsere Wärme der Westküste Europa's und [illegible] rica's glaubt Schouw gleichfalls aus dem Einflusse der [illegible]

1 In Alex. Burnes Reisen in Indien und nach Bukhara. [illegible] 1835. 8. finden sich viele diese Behauptung in Beziehung a[illegible] bestätigende Angaben, welche im Einzelnen nachzuweisen mir [illegible] fehlt.

2 Poggendorff's Ann. XIV. 541.

3 Nach George's Reise im russischen Reiche. Th. I. S. 131. Kämtz in allgem. Lit.-Zeit. 1828. S. 435.

Digitized by Google

le an jener und der Nordostwinde an dieser nicht ableiten
önnen, weil diese Ursache die hervorstechende Wärme der
ner und die strenge Kälte der Winter nicht zu erklären
öge, die sich ungleich leichter daraus folgern laſse, daſs
n östlicher gelegenen Orten die Winde in Folge ihrer im
meinen westlichen Richtung über groſse Landstrecken her-
nen, wo sie ihrer Feuchtigkeit beraubt sind[1]. In Bezie-
auf den wesentlichsten Punct, nämlich die normale Dre-
des Windes, stellt Schouw die zu Apenrade angestellten
achtungen entgegen. Daselbst war die Drehung

	normal	abnorm
O. (ONO. und OSO. inclus.)	97	77
S. (SSO. — SSW. inclus.)	111	70
W. (WSW. — WNW. inclus.)	152	133
N. NNW. — NNO. inclus.)	56	59

ı ist allerdings die Zahl der normalen Drehungen im Gan-
berwiegend gröſser, und würde demnach hieraus gerade
egentheil des gesuchten folgen; allein es soll dann zu-
auffallend seyn, daſs für Nordwind das umgekehrte Ver-
ſs statt findet, woraus Schouw die allerdings sinnreiche
rung entnimmt, daſs der Wind sich am meisten in der-
n Richtung drehe, in welcher er zunächst zu der vor-
eise herrschenden gelange. Weht diesemnach der Wind
, so geht er in die herrschendere nach S. über, und aus
ächst nach W., weswegen er sich bloſs aus N. entge-
etzt nach W. dreht. Inzwischen geht die Unhaltbarkeit
Hypothese aus den oben angegebenen Beobachtungen zu
uhe hervor, wo Ostwind im Ganzen selten, die mittlere
ung westlich ist, und von hier aus konnte die Drehung
gut nach S. als nach N. erfolgen, die normale hat aber
öſsere Bogen entschieden das Uebergewicht.

Zur Bestimmung der Windrichtungen benutzt Schouw die
ihm angestellten Beobachtungen der Regenverhältnisse.
ach tritt die Periode der häufigsten Regen zunehmend

Obgleich diese Ursache als mitwirkend gelten kann, so ist diese
sehr unbedeutend gegen die Ungleichheit der Bodenwärme und
erdurch erzeugten Erwärmung des Wassers, wie im Art. *Tempe-*
überzeugend nachgewiesen worden ist.

Digitized by Google

später ein, je weiter man nach Süden geht. Da aber di durch den herrschenden Südwind herbeigeführt wird, so lä sich hiernach vermuthen, daſs die Zone, welche diesen W giebt, gleichfalls mit der Sonne weiter nach Süden rückt. Sommer erreicht die Zone des (NO.)-Passates die canarisch Inseln, und geht selbst noch über diese hinaus, über den Lä dern am mittelländischen Meere herrschen Nordwinde, im nö lichen Europa südwestliche und westliche[1], im Winter fäll Nordgrenze des Passates jenseits des Wendekreises, die No winde erreichen den Wendekreis, und der herabsinkende P sat zeigt sich im südlichen Europa, dem nördlichen Afrika auf den canarischen Inseln. Die Westwinde während des So mers im nördlichen Europa werden also theils durch den rückkehrenden Passat, theils durch die Erwärmung des Bo bedingt, welche eine Strömung von der See her veranlaſst. Winter dagegen herrscht zwar gleichfalls der rückkehr Passat, allein die Nordgrenze desselben ist dem Wende näher und die östlichen Winde besiegen ihn leichter, die Wärme über dem Meere gröſser ist, als über dem La Hiernach sind in Europa während des Sommers allerdings Windrichtungen vorhanden, sie liegen jedoch nicht nach in Ost und West, sondern in Süd und Nord, und im chen Europa liegt der Südweststrom über dem nördliche findet daher ein Kreislauf statt, aber kein horizontaler, so ein verticaler.

76) Inzwischen genügten die aufgestellten Argume um Dove von der Unrichtigkeit seiner Hypothese zu zeugen, vielmehr unterstützte er dieselbe mit neuen gen Argumenten[3]. Zwar fehlte es ihm für diesen Zw hinlänglich zahlreichen und zur Genüge genauen Beobachtu um dasjenige zu beweisen, was er ursprünglich aus zweijährigen Beobachtungen zu Königsberg gefolgert hatte, lein er brachte die eigentliche Aufgabe mit andern meteoro schen Erscheinungen in Verbindung, aus denen sich in

---

1 Der Grund hiervon ist, weil die aufsteigende Luft des Pa über dem Nordwinde hinströmt und weiter nördlich herabsinkt.

2 Die oben §. 67. mitgetheilten Uebersichten der viertelj Windrichtungen sind im Ganzen dieser Ansicht nicht günstig.

3 Poggendorff's Ann. XV. 53.

se entnehmen lassen. Wie wir mit Sicherheit wissen, ie durch südliche und südwestliche oder auch westliche : herbeigeführten Luftmassen warm und diesemnach mit rdampf überladen, die durch östliche und nördliche hernenden dagegen kalt und trocken; wenn beide zusamffen, müssen durch die Abkühlung der ersteren Nieder: entstehn. Sind dann hierbei die nördlichen überwietark, so daſs sie allmälig die Oberhand gewinnen und errschaft erlangen, so wird während der Niederschläge, weilen sogar schon vorher, das Thermometer herabgehn, ometer dagegen steigen, und die normale Drehung des erfolgen, im entgegengesetzten Falle aber das Gegenatt finden. Hiernach giebt also das Thermometer und Badiejenige Richtung an, welche der Wind inne zu halgt. Diesem gemäſs beweist Dove aus den zu Paris an n meteorologischen Beobachtungen, daſs das normale gsgesetz des Windes allerdings auch an diesem Orte des ien Europa's statt findet. Genaue Beobachtungen der hne und des Zuges der dickeren und feineren Wolken ferner, daſs es im nordwestlichen Europa zwei einangegengesetzte Windrichtungen giebt, im Allgemeinen rdöstliche und südwestliche, welche sich durch die ganze häre erstrecken. Nennt man den einen den nördlichen, ern den südlichen, so ergiebt sich aus den Beobachdaſs das Verdrängen des südlichen Stromes durch den en zuerst in den unteren Gegenden der Atmosphäre, n auch in der oberen erfolgt, das Verdrängen des nördStromes durch den südlichen aber geschieht zuerst in ren, dann in den unteren. Wenn nun das normale sgesetz der Winde wirklich vorhanden ist, so werden eme der Niederschläge, die durch die Verbindung dien Luftströme entstehn, nicht in die Puncte ihrer ein Richtung, also NO. und SW., sondern in O. und n, was aus den Beobachtungen zu Hamburg deutlich ht. Wenn endlich die angegebenen Hauptrichtungen strömungen wirklich existiren, so werden in diese die Winde fallen, und die Zahl der letzteren wird abnehwie sie sich von jenen weiter entfernen. Eine Ver; der Mengen der Winde an 38 verschiedenen Orten ber zu dem Resultate zu führen, daſs im westlichen

Digitized by Google

Europa die Hauptluftströmungen mehr in SW. und NO., östlichen und nördlichen aber in W. und O. fallen.

77) Wir müſsen den Fortgang der Untersuchungen Do einen Augenblick unterbrechen, um eine einschlagende A von Galle[1] zu erwähnen, wodurch dieser indirect die a stellte Hypothese unterstützt. Wird als erwiesen vorausge daſs im Allgemeinen bei Südwinden das Barometer am nie sten, bei Nordwinden am höchsten steht, so darf man Recht ſchlieſsen, daſs der Wind von Ost sich nach Süd det, wenn das Barometer fällt, und von West nach N wenn dasselbe steigt, und daſs also die normale Drehung Windes existiren muſs, wenn beides in der Regel statt f Um letzteres zu zeigen, benutzt Galle die zu Danzig Kleefeld in den Jahren 1813 bis 1827 dreimal täglich stellten Beobachtungen, und zeigt aus den Unterschieden Barometerstände, daſs in der Regel der Wind aus O. SO. nach S. und W., von W. aber durch NW. und N. O. übergeht, ohne daſs in dieser Beziehung ein anderes halten am Tage als bei Nacht statt ſindet.

79) Wie wir gesehn haben, bekannte sich Dove zu hänger des Drehungsgesetzes der Winde, und unterstützt selbe theils durch allgemeine Gründe, theils durch die und indirecten Resultate, die er aus seinen eigenen zw gen Beobachtungen zu Königsberg und aus denen an Orten entnahm. Hiernach können wir die Abhandlung[2], er die vorliegende Frage zum eigentlichen Gegenstand Untersuchung wählt, hauptsächlich nur als einen weitern trag zur schärferen Bestimmung und näheren Erläuterung ganzen Aufgabe betrachten. Eine ins Einzelne gehende gabe, wie er die Drehung der, vom Pole zum Aequator menden und demnach fortdauernd zu Parallelkreisen von ſserer Rotationsgeschwindigkeit gelangenden, Luftmassen a sen beiden auf sie wirkenden Kräften ableitet, eine ent gesetzte Drehung aber für den zurückkehrenden Passat i oberen Regionen folgert, und zugleich zeigt, daſs ein a Verhalten, aber im entgegengesetzten Sinne, auf der süd

1 Poggendorff's Ann. XXXI. 465.

2 Ueber den Einfluſs der Drehung der Erde auf die Strö ihrer Atmosphäre. In Poggendorff's Ann. XXXVI. 321.

ngel statt finden müsse, können wir hier um so mehr über-
je deutlicher die Sache sich durch eine später mitzuthei-
Darstellung dieses Verhaltens herausstellt. Das Hauptre-
, zu welchem Dove gelangt, ist folgendes:

) In der nördlichen Erdhälfte dreht sich der Wind, wenn
tröme und Aequatorialströme mit einander abwechseln, im
im Sinne S., W., N., O., S., durch die Windrose,
pringt zwischen S. und W., zwischen N. und O. häu-
urück, als bei andern Richtungen.

) In der südlichen Erdhälfte dreht sich der Wind, wenn
tröme und Aequatorialströme mit einander wechseln, im
im Sinne S., O., N., W., S., durch die Windrose,
pringt zwischen N. und W., zwischen S. und O. häufi-
rück. Hieraus folgt dann:

) Wo in der tropischen Zone nur Polarströme an der
iche herrschen, giebt es keine vollständige Drehung, son-
ine der Entfernung des Beobachtungsortes von der äuſsern
des Stromes proportionale unveränderte Ablenkung, wel-
rch die Veränderung dieser Grenze in Folge der Jah-
n etwas modificirt wird. Dieses sind die *Passate.*

Wo in der tropischen Zone durch die eigenthümliche
lung des Festen und Flüssigen der Erde einmal im
in südlicher Strom mit einem nördlichen abwechselt,
s nur eine Drehung im ganzen Jahre. Dieses sind die
u.

In den gemäſsigten und wahrscheinlich auch in den
Zonen, wo Aequatorialströme fortwährend mit Polar-
abwechseln, dreht sich der Wind im Mittel, und zwar
in einem bestimmten Sinne durch die Windrose, auf
rdlichen Halbkugel aber gerade im entgegengesetzten
als auf der südlichen. Dieses giebt dann das *Gesetz
ehung.*

) Die wirkliche Existenz dieses Gesetzes beweist Dove
irect aus den oben (§. 71) bereits angegebenen Zeug-
auſserdem aber indirect aus den Veränderungen der me-
schen Werkzeuge, aus denen sich diese Drehungen
lassen. Berücksichtigt man zuerst das Barometer, so
sselbe bei O.-, SO.- und Südwinden fallen, bei SW.-
in Steigen übergehn, und bei West- und Nordwest-
steigen. Daſs dieses wirklich erfolge, und zwar un-

Digitized by Google

abhängig von der täglichen und jährlichen Periode, ergib
Zusammenstellung der Beobachtungen zu Paris, Lond
Danzig. Aus den zu Paris von 1816 bis 1820 ge
Temperaturen geht ferner hervor, daſs das Thermomete
SO.- und S.-Winden steigt, bei SW. zum Fallen
bei W.- und NW.-Winden aber fällt, was gleichfal
Existenz des genannten Gesetzes entscheidet. Vorzüg
achtung verdient aber dasjenige, was Dove weiter au
Beobachtungen folgert. Hauptsächlich im Winter,
Witterung fast ausschlieſslich durch die Windrichtu
dingt wird, nahm derselbe wahr, daſs bei SW.-
Winden die untere Windrichtung mit dem Zuge de
Wolken zusammenfällt, bei W.- und NW.- bei O.-
Winden dagegen die Richtung der Windfahne und d
ren dichteren Wolken mit der der oberen rechte W
det. Wenn ferner nach einem barometrischen Ma
SW. der Wind durch W. nach NW. herumläuft,
am westlichen Horizonte dunkle Wolken herauf,
ein kalter Wind vorausgeht, welcher das Barome
macht, und im Winter Schnee, im Frühling Gra
und im Sommer Gewitter bringt. Sieht man dabei
Zwischenräume die höchsten Federwolken, so beme
daſs sie ihre Richtung von SW. nach NO. ungestört
ten; das Barometer steigt sprungweise, die unteren
erheben sich mehr, bis die Wolkendecke bricht. Eb
schwinden bei raschem Durchgange des Windes durch
NO. die obersten feinen Wolken, die Windfahne ble
stehn, der Himmel wird heiter und das Barometer, so
die Kälte, haben ihr Maximum erreicht. Fällt dann
meter, so erscheinen auch in den höchsten Regione
nen Wolken, bewegen sich in der Richtung von S.
nach N. oder NO., der Himmel wird trübe nnd milch
zu der Zeit, wenn Höfe um Sonne und Mond entste
als sichere Vorboten nasser Witterung gelten, und di
fahne geht bei fallendem Barometer von O. nach SO.
daſs sie mit der Richtung des Cirrus einen rechten
bildet. Befinden sich dickere Wolken in den unteren
nen, so werden sie allmälig von dem Cirrus aufgenomm
im Winter fällt Regen, wenn der Boden noch hart g
ist. Die Windfahne geht rasch durch S. nach SW.,

Digitized by Google

irmisches, regnerisches Wetter ein. Hieraus läſst sich lgern, daſs es zwei einander entgegengesetzte Winde welche durch die ganze Atmosphäre hindurchgehn. Dove liese *Luſtſtröme*, und zwar einen südlichen und einen ien; die Erscheinungen der Westseite gehören zu einem nge des südlichen Stromes in den nördlichen, wobei drängen des südlichen Stromes durch den nördlichen in eren Regionen anfängt, die Erscheinungen der Ostseite bestehn in einem Uebergange des nördlichen Stromes südlichen, wobei das Verdrängen des nördlichen durch lichen zuerst in den oberen Regionen beginnt.

liegt vor Augen, daſs der Grund dieser Erscheinung in ärme-Unterschiede beider Ströme, der hieraus folgenden en Dichtigkeit und, was sich wohl von selbst ver- rem verschiedenen Gehalte an Wasserdampf zu suchen aher sind die Niederschläge um so stärker, je rascher egengesetzten Luftströme einander verdrängen. Soll die- h den südlichen geschehn, so muſs es von oben herab , weil er in den oberen Regionen der äquatorischen inen Ursprung hat, wird der südliche aber durch den en verdrängt, so geschieht dieses mit groſser Heftigkeit, er letztere, zugleich der schwerere, den ersteren leich- die Höhe hebt; es erheben sich heftige Stürme, bei er Wind von SW. durch W. nach NW. übergeht, und e eintritt, wenn er nach N. gelangt ist. Inwiefern h das Barometer und Thermometer afficirt und der r Witterung bedingt wird, läſst sich aus dem allge- Charakter dieser Luftströme leicht entnehmen. Liegen tröme einander gerade gegenüber, so stauen sie sich d wenn keiner derselben eine überwiegende Stärke hat, ehn dichte Nebel, die zuweilen wieder verschwinden, dem der gegebene Ort die Grenze des Zusammensto- eider Ströme, oder einer derselben einzeln trifft. Aus onflicte beider lassen sich die häufigen barometrischen kungen leicht erklären, so wie nicht minder der Um- daſs die hervorstechenden barometrischen Maxima und nicht selten in kurzer Zeit auf einander zu folgen , weil ein schnell flieſsender Strom, hauptsächlich durch Katastrophen in südlichen Gegenden erzeugt, endlich n Widerstand stöſst und, durch Uebermacht zurückge-

drängt, später das vorher erzeugte Minimum wieder in ein M ximum verwandeln muſs.

80) Dove wendet diese einfach aus der polaren unte und äquatorischen oberen Strömung entnommenen Gesetze üb auf Erfahrungen in der nördlichen Halbkugel an, bemerkt ab daſs ein gleiches Verhalten mit entgegengesetzter Richtung i der südlichen Halbkugel statt finden müsse, dessen wirkli Vorhandenseyn sich aber wegen Mangels an genügende fahrungen nicht mit gleicher Vollständigkeit nachweisen las Diesen Mangel hat Galle[1] theilweile ersetzt durch die Zu sammenstellung der Beobachtungen, welche durch den Cap Wendt auf dem preuſsischen Schiffe Louise in den Jah 1830 bis 1831 und 1833 auf der südlichen Halbkugel bei Umschiffung des Cap Horn, und auf der nördlichen zwis Hamburg und Rio de Janeiro angestellt worden sind. Da äh che Tabellen von Dove selbst, für einige Orte in Europa der hier gegebenen Uebersicht nicht aufgenommen sind, werden die folgenden drei, auch des Beispiels wegen, u eher einen Platz verdienen. Um dieselben zu verstehen, man nur folgendes bemerken: wenn das Barometer a nördlichen Halbkugel zwischen SW. und W. sein Mini zwischen SO. und O. sein Maximum hat, so müssen Extreme auf der südlichen zwischen NW. und W. und schen SO. und O. liegen, folglich auf der südlichen Hal unter der Voraussetzung, daſs auch dort zwei Haupt existiren, und die regelmäſsige Drehung des Windes be das Barometer bei SW. ebenso zu steigen beginnen, der nördlichen bei NW., nicht minder aber bei NO ebe fallen anfangen, als auf der nördlichen bei SO. Dies ausgesetzt darf man nur das Steigen durch + und das F durch — bezeichnen, um sich zu überzeugen, welchem Wi das eine oder das andere dieser beiden zugehört.

1 Poggendorff's Ann. XXXVIII. 472.

Digitized by Google

Südliche Halbkugel.

Wind	Mittel aus 2 Monaten		Mittel aus 6 Monaten	
	Barometer	Veränderung	Barometer	Veränderung
S.	29^{z},631	+ 0^{z},023	29^{z},334	+ 0^{z},052
SSW.	29,509	+ 0,021	29,243	+ 0,079
SW.	29,442	+ 0,012	29,208	+ 0,093
WSW.	29,407	+ 0,006	29,234	+ 0,048
W.	29,394	+ 0,001	29,289	— 0,014
WNW.	29,387	— 0,004	29,345	— 0,041
NW.	29,379	— 0,011	29,391	— 0,043
NNW.	29,368	— 0,016	29,414	— 0,042
N.	29,354	— 0,015	29,452	— 0,045
NNO.	29,375	— 0,016	29,503	— 0,041
NO.	29,541	— 0,028	29,547	— 0,021
ONO.	29,846	— 0,029	29,561	— 0,013
O.	29,967	— 0,015	29,567	— 0,001
OSO.	29,932	— 0,002	29,561	+ 0,002
SO.	29,867	+ 0,010	29,527	+ 0,009
SSO.	29,750	+ 0,020	29,448	+ 0,025

Nördliche Halbkugel.

Wind	Mittel aus 20 Tagen	
	Barometer Werth	Veränderung
S.	337''',37	—0''',122
SSW.	337,31	— 0,117
SW.	336,99	— 0,047
WSW.	337,14	+ 0,031
W.	337,28	+ 0,088
WNW.	337,48	+ 0,141
NW.	337,85	+ 0,211
NNW.	338,27	+ 0,210
N.	338,42	+ 0,088
NNO.	338,45	— 0,048
NO.	338,50	— 0,095
ONO.	338,60	— 0,097
O.	338,50	— 0,084
OSO.	338,43	— 0,071
SO.	338,19	— 0,066
SSO.	337,94	— 0,082

Digitized by Google

Man könnte durch diese Uebersicht veranlaſst werden an-
nehmen, daſs das Drehungsgesetz sich auf der südlichen Hal-
kugel noch deutlicher herausstelle, als auf der nördlichen, w
allerdings aus der geringeren Menge von Hindernissen erkl
bar seyn dürfte, die den Luftbewegungen dort entgegenste

81) Dove hat nach meiner Ansicht das Drehungsge
des Windes am bestimmtesten aufgefaſst und am lichtvoll
erläutert in seiner neuesten Abhandlung über die Stürm
Wenn man den seit Otto v. Guericke bekannten Zu-
menhang der barometrischen Schwankungen mit den herr
den Winden, insbesondere das Zusammenfallen tiefer Ba
terstände mit heftigen Stürmen im Auge behält, so lassen
auf einfache Weise die Wechsel der Luftströmungen aus
Vergleichung gleichzeitiger oder unmittelbar auf einander
gender barometrischer Minima mit den an diesen Orten beo
teten Windrichtungen entnehmen. Betrachtungen diese
hatte bereits Brandes[2] angestellt, und aus zahlreichen Zu
menstellungen früherer Beobachtungen entnommen, daſs b
gewöhnlich tiefen Barometerständen und darauf folgenden
men die Richtungen der Winde an verschiedenen Orten
bloſs ungleich, sondern häufig einander gerade entgegen
waren. Schon weit früher hob Henry Forth[3] den auf-
fallenden Umstand hervor, daſs bei einem Sturme im
1735 die Windrichtung im südlichen Theile Englands S
war, während er selbst zu Darlington bei Durham N
wind beobachtete. Die Wahrnehmungen, daſs während
ger Stürme, namentlich unter niederen Breiten, die W
tung sich nicht bloſs ändert, sondern häufig die ganze W
rose durchläuft, ja sogar nach plötzlich eintretender W
stille in umgekehrter Drehung durch alle Striche des C
ses herumläuft, dürfen als allgemein bekannt gelten, auch
den in der Folge einige vorzüglich auffallende Beispiele
Art angeführt werden. Später verglich Brandes[4] die

---

1 Poggendorff's Ann. LII. 1. London and Edinb. Philos. Ma
CXI. p. 367.

2 Beiträge zur Witterungskunde. S. 50. 74. 376 u. a. O.

3 Philos. Trans. abridged. T. VIII. p. 78.

4 De repentinis variationibus in pressione atmosphaerae o
tis. Diss. phys. Lips. 1826. 4.

Digitized by Google

hiedensten Orten bei dem heftigen Sturme um Weihnach-
1821 beobachteten Barometerstände mit den gleichzeitigen
drichtungen, und gelangte dadurch zu dem Resultate, daſs
nbekannte Ursachen geben müsse, durch welche die Luft-
e in einer gewissen Richtung vermindert werde, indem
nicht wissen könne, ob sie namentlich bei jenem Sturme
en Küsten des atlantischen Oceans verschwunden sey, oder
chlünde des Meeres sie aufgenommen; oder Platzregen, er-
durch die Gewalt der Blitze, ihre Masse vermindert hät-
Zur Erklärung der verschiedenen gleichzeitigen Wind-
ngen an beiden Seiten dieser Linie der tieſsten Barome-
nde, nahm er an, daſs die Luft von allen Seiten her in
rch unbekannte Ursachen erzeugte, und geradlinig fort-
tende, partielle Vacuum eindringe. Inzwischen paſsten
alle Beobachtungen zu einer solchen auf einen Punct oder
inie lothrechten Richtung der Luftströmungen, und na-
ch veranlaſste der mit groſser Heftigkeit zu Venedig we-
Wind ihn zu der Vermuthung, daſs dieser durch einen
euren Wirbel erzeugt seyn könne, welcher von Marseille
ber Corsica in den heftigen Strom sich ergossen habe.
können diese Hypothese, wonach die umgebenden Luft-
in perpendiculärer Richtung in den luftverdünnten
flieſsen, die ältere nennen, die ohnehin auch am näch-
egt, durch die bei gewaltigen Bränden sich darbietenden
ungen nach einem gemeinschaftlichen Mittelpuncte eine
ende Stütze erhält (§. 15), und daher auch von allen
tern, wie man wohl behaupten darf, früher angenommen
.

2) Inzwischen wurde die Aufgabe neuerdings einer sehr
senden und tief eindringenden Prüfung unterworfen. Ver-
ung hierzu gaben die verschiedenen Ansichten, welche
sächlich Espy und Redfield über die Entstehung und
erhalten der vorzugsweise in den südlichen Staaten Nord-
ca's nicht selten herrschenden *Tornados* hegten. Von
urchtbaren Wirkungen dieser merkwürdigen Winde wird
r (§. 99) die Rede seyn; hier genügt es aber, nur ihren
kter im Allgemeinen und die Art ihrer Bewegung in so
anzugeben, als dieses Beziehung auf das Gesetz der Dre-
hat. Espy [1], welcher hartnäckig die ältere Hypothese

S. Babinet's Bericht in L'Institut 1841. N. 379. Vergl. Theory of

Digitized by Google

vertheidigte, wonach die Luſt von allen Seiten lothrecht nach dem Mittelpuncte der Verdünnung strömt, hegte hierüber fol-gende Ansichten. Die Tornados haben die gröſste Aehnlich-keit mit den *Wettersäulen*, und sind wohl als eine special Art derselben zu betrachten. Wenn man die gleichzeitig er-folgten Zerstörungen, Umstürzungen der verschiedensten Ge-genstände und ihre Fortführung, so wie die Verheerungen des Bodens betrachtet, welche die Hurricane anrichten, so erkennt man bald, daſs die Luſt bei diesem Meteore sich von allen Seiten her gegen einen Mittelpunct bewegt, indem der Wind, wenn er von der einen Seite östlich war, an der andern, zu-weilen nicht sehr weit entfernten, westliche Richtung hatte, in der Mitte aber ein Aufsteigen mit erstaunlicher Geschwindigkeit statt fand, wodurch die Luſt zu einer durch das Barometer bestimmbaren unglaublichen Höhe emporgetrieben wurde, und sich dort allseitig ausbreitete. Dieser aufsteigende Luftstrom verliert in einer gewissen Höhe seine Durchsichtigkeit, und bildet eine Wolke, die zur Classe der *cumulus* gehört, mit horizontaler Grundfläche und von einer durch die Wärme und Feuchtigkeit der Luſt bedingten Höhe. Diese Wolke entsteht durch den aufsteigenden Luftstrom, und giebt gewöhnlich Re-gen oder Hagel in Folge der Kälte, die in jenen höheren Re-gionen herrscht, ohne daſs die Elektricität, obgleich sie vor-handen ist, einen wesentlichen Einfluſs hat. Neben diesem, den Erscheinungen gemäſs nicht zu bezweifelnden, gewaltsam aufsteigenden Luftstrome im Centrum des Tornados ist die fortschreitende Bewegung des ganzen Meteors nur sehr lang-sam, wenn man sie mit der unglaublich schnellen im Innern desselben vergleicht. Espy fand weiter, daſs zu Philadelphia, wo die hohen Federwolken (*Cirrus*) eine Richtung nach Osten haben, das Centrum der Tornados sich fast allezeit gleichfalls in dieser Richtung bewegt, eben wie in Europa, wo der West-wind herrschend ist, statt daſs in den tropischen Gegenden, Barbados, Jamaica und dem nördlichen Theile des indischen Meeres, das Meteor sich gen West oder Nordwest bewegt, der Richtung der Passatwinde folgend. In der Mitte der Torna-dos steht das Barometer nicht selten bis 60 Millimeter (26,6 Lin.

---

rain, hail and snow, water-spouts, land-spouts, variable winds and barometric fluctuations. Philad. 1836. 8.

riger, als an den Grenzen, auſserhalb welcher das Baro- r bei kleinern Tornados meistens bis höchstens 2 Millim. Lin.), bei heftigen aber wohl 10 Millim. (4,4 Lin.) höher :. Von den durch das Centrum des Meteors umgestürzten nen zeigt der erste eine der Bahn desselben vorausgehende, zweite eine ihr nachfolgende Bewegung, über die Spitzen der it umgedrehten Bäume liegen die der nachfolgenden; die ige der nicht abgebrochenen Bäume aber, welche in der i des Centrums des Meteors liegen, zeigen die Richtung Windes, und sind um den Stamm herumgedreht.

Die zur Bildung der Tornados, sowohl der groſsen als der kleinen, günstigen Bedingungen sind eine feuchte und e Luft über einer hinlänglich ausgedehnten ebenen Fläche, gehörige Ruhe der Luft, damit die stärker ausgedehnte bis zu der erforderlichen Höhe über der Mitte des er- n und mit durchsichtigem Wasserdampfe überladenen Rau- aufsteigen kann, hauptsächlich aber die Anwesenheit kal- nd trockner Luft in den oberen Regionen, deren Beschaf- it und namentlich Dichtigkeit, derjenigen des aufsteigen- stromes entgegengesetzt ist, so daſs letztere sich ausdeh- sich abkühlen und durch Niederschlagung ihres Dampfge- ihre Durchsichtigkeit verlieren kann, wobei sie ihr ge- es specifisches Gewicht in Vergleichung mit der umge- n Luft beibehält, und durch ihre Ausbreitung die Gestalt Champignons annehmen kann, während der Niederschlag lig bis auf den Boden herab statt findet.

Hierauf gründet Espy die aus den Thatsachen unmittelbar rgehende Theorie. Sind die angegebenen Bedingungen nden, so entsteht ein aufsteigender Luftstrom, dessen Ge- ndigkeit nach dynamischen Gesetzen um so mehr wächst, her er sich erhebt, eben wie dieses für den Zug in den nen und den Röhren der Luftheizung gilt. Auf jeden Fall also diese Säule stets leichter bleiben, selbst wenn ein erschlag in derselben erfolgt, weil dadurch die Elasticität itend vermindert wird, wie auch die darüber angestellten chnungen ergeben. Es hängt dann von dem Feuchtigkeits- nde der aufsteigenden Luftsäule ab, wie tief die sich bil- e Centralwolke in den Tornados, die bei den gröſseren eit eine horizontale Fläche hat, herabgeht, was bei den ren, die aber mit erstaunlicher Kraft wirken, allezeit bis zu

geringer Höhe statt findet. Die fortschreitende Bewegung di
ser Meteore könnte allerdings eine Folge der fast ohne A
nahme stets bewegten Luft seyn; allein da die Tornados ü
den beschriebenen Ebenen oft so ausnehmend schnell, und e
bei gänzlicher Windstille, zu entstehn pflegen, so glaubt E
vielmehr, daſs diese Ursache von einer Bewegung der ob
Luftschichten herrühre, wonach sie dann unter mittleren Br
ten östlich gerichtet seyn muſs, während sie in den Aequ
rialgegenden westlich ist, der Richtung der Passatwinde g
mäſs. In dieser Erklärung liegt auch der Grund, wes
unmittelbar vor der Entstehung eines Tornados das Ba
etwas zu steigen pflegt, was man sogar als ein Vorze
seines Entstehens betrachten kann. Eine ähnliche Wirk
erzeugen an einigen Orten, z. B. auf Jamaica, die See-
Landwinde; indem diese zu bestimmten Tageszeiten Sturm
Regen hervorbringen. Daſs sonstige örtliche Ursachen,
Waldbrände und vulcanische Ausbrüche, auf gleiche W
einen auſsteigenden Luftstrom mit den eben erwähnten n
wendigen Folgen zu erzeugen vermögen, wird niemand
zweifeln; wenn aber Espy behauptet, daſs die ans der H
herabströmende Luft wegen der gleichzeitig statt finde
Compression niemals kalt seyn könne, so streitet dieses g
zahllose Erfahrungen.

83) Gegen diese Theorie, zu deren Aufstellung Espy h
sächlich durch die Lage und Richtung der beim heftigen S
me zu New-Brunswick am 19. Juni 1835 umgestürzten B
me veranlaſst wurde, erklärte sich vorzugsweise Redfi
mehreren, die ihm wiederholt gemachten Einwürfe be
tenden Abhandlungen[1]. Nach seiner Ansicht sind die
Küsten der americanischen Staaten häufigen Stürme wahr W

1 Mir sind von diesen bloſs die in Silliman's Journale enthal
bekannt, ich theile aber auch die übrigen in Dove's Abhandlung
gebenen mit: Remarks on the prevailing storms of the Atlantic c
Sillim. T. XX. N. 1. Hurricane of August 1831. (To the editor o
Journal of Commerce). Observations on the Hurricanes and St
In Blunts American Coast-Pilot 12 edit. The Gales and Hurric
in Silliman's Journ. T. XXXI. N. 1. Meteorological Sketches. E
T. XXXIII. N. 1. Remarks on Mr. Espy's theory in Journ. of
Franklin Institute. On the courses of Hurricanes, in Sillimans J
T. XXXV. Nov. The law of Storms, in New-York Observer
Jan. 18. Vergl. Edinburgh New Philos. Journ. N. LVI. p. 361.

rinde, und die Windrichtungen bilden Tangenten an die
se, worin die Luft sich bewegt.. Eine wichtige Unter-
ung dieser Meinung wurde ihm durch die gehaltreichen
rsuchungen geboten, welche Colonel Reid[1], Gouverneur
Bermudas-Inseln, unabhängig von Redfield's eigenen
chungen über die Stürme der tropischen Zone und der an-
zenden Gegenden angestellt hat. Beide kommen darin über-
daſs die Winde und namentlich die Stürme fortschreiten,
i in sich eine wirbelnde Bewegung der Luft einschlieſsen,
ich also die Windrichtungen Tangenten an die hierdurch
ehenden Kreise bilden. Die gesammelten Erfahrungen bei-
verbreiten sehr viel Licht über die wesentliche Beschaffen-
der Stürme unter mittleren Breiten, namentlich so fern sie
mit den in der äquatorischen Zone und an deren Grenze
henden in Zusammenhang bringen. Hiernach behalten die
r nördlichen tropischen Zone gebildeten Stürme ihre ur-
gliche, im Ganzen von SO. nach NW. gehende, Richtung
so lange sie jene Zone nicht verlassen, beim Austritt aus
lben biegen sie sich aber stark in einer gekrümmten Linie,
aſs sie in der gemäſsigten Zone eine Richtung von SW.
NO. annehmen[2]. Diesem gemäſs müssen die ähnlichen
e auf der südlichen Halbkugel, wenn sie anfänglich eine
ung von NO. nach SW. haben, beim Uebergange in die
ſsigte Zone eine Richtung von NW. nach SO. annehmen.
Die Hauptsachen, die man über diese Winde zu wissen
ig ist, ihr erster Ursprung, ihr Fortschreiten und die
, welche sie hierbei inne halten, die Geschwindigkeit ihrer
gung, die Gröſse der Verheerungen, die sie anzurichten
ögen u. s. w. werden deutlich erläutert durch die Be-
ibung von eilf Stürmen, die Reid nach den genauesten
sie eingezogenen Erkundigungen gegeben und durch Zeich-
auf einer ausnehmend schönen Charte versinnlicht hat.
auf der letzteren das Wissenswürdigste über diese von
bis N. XI verzeichneten Stürme angegeben und sehr
aulich dargestellt ist, so wird es genügen, die Charte in

---

1 An attempt to develop the law of storms by means of facts cet. rated by charts and wood cuts. Lond. 1838. 8. second ed. 1841.

2 Redfield läſst nicht unbemerkt, daſs Capper schon im Jahre 1801 Satz von der Umbiegung der Hurricane aufgestellt habe. S. Edinh New Phil. Journ. N. L. p. 342.

Digitized by Google

Tab. XXV. verkleinertem Maſsstabe mitzutheilen und hierauf zu verweis was weiter in Beziehung auf die Stürme zu wissen von W tigkeit ist, wird später gelegentlich erwähnt werden. Zu merken ist nur noch im Allgemeinen, daſs drei dieser Stü so weit sie bekannt wurden, ihre gerade Richtung beibehi die N. I, V, XI, der letztere vielleicht deswegen, weil e da beobachtet wurde, wo er bereits die unter jenen Breiten wöhnliche südwestliche Richtung angenommen hatte.

84) Die hier erörterten Thatsachen dienten ausne dazu, dasjenige, was Dove früher über das allgemeine Dr gesetz der Winde aufgestellt hatte, weiter zu begründ zu vervollständigen. Um zu zeigen, daſs die Wirbelbew der Luft bei Stürmen auf gleiche Weise, als unter nied Breiten, auch unter mittleren und höheren statt finde, er den Sturm um Weihnachten 1821, über welchen Brandes reichliche Materialien gesammelt hatte. Nach Vergleichung der Barometerstände und Windrichtungen a funfzig Orten in Italien, Frankreich, England und De land während der Dauer dieses Sturmes erstreckte sic Linie der tiefſten Barometerstände von SW. nach NO., von Brest bis Cap Lindenaes an der Südwestspitze Norw die Windrichtungen an beiden Seiten dieser Linie der metrischen Minima, in welcher also nach Dove's Theor südwestliche, oder, wie man sie in Beziehung auf die all normale Luftbewegung nennen kann, die südliche Str fortrückte, zeigten aber deutlich verschiedene weit ausg Wirbel mit einzelnen kleinen partiellen Ablenkungen, Ursachen sich aus örtlichen Bedingungen sehr genüge leiten lassen, wie dieses alles aus der graphischen Da Fig. 202. auf einer beigefügten Charte sehr lichtvoll hervorgeht. Entstehung der Wirbelbewegung erklärt Dove auf fol Weise. Bezeichnet ab eine Reihe materieller Puncte, we dem Aequator (auf der Nordseite) parallel durch irgend e Impuls in der Richtung ac nach Nord hin bewegt werden, würden dieselben, weil sie von gröſseren Parallelkreisen kleinere, also aus einer Zone mit schnellerer Rotation in mit langsamerer, übergehn, sich nach gh hin bewegen, vor

1 Ein Auszug aus Reid's Werke und die Charte im verklein Maſsstabe findet man in Edinburgh New Phil. Journ. N. XLVIII. p.

tzt, daſs dbh ein leerer Raum wäre. Befindet sich aber in m Raume unbewegte Luft, so werden die Theilchen in b ihrer Bewegung nach d im Raume dbh stets mit Luft- hen von geringerer Rotationsgeschwindigkeit in Berührung nen und es muſs also ihre Bewegung nach Ost hin ver- ert werden. Daher wird der Punct b statt nach h viel- nach f hin gelangen. Die Theile in a dagegen haben sich nach b hin Theile ursprünglich gleicher Rotations- windigkeit, sie bewegen sich wie im leeren Raume, also g hin. Ist demnach ab eine von S. nach N. sich be- nde Luftmasse, so wird die Richtung dieses Windes auf tseite weit mehr eine südliche, auf der Westseite mehr westliche seyn und dadurch eine Tendenz zu einem Wir- n Sinne S., O., N., W. entstehn. Die Wirbelbewegung überhaupt nicht eintreten, wenn im Raume dbh kein rstand leistendes Mittel vorhanden wäre, und sie wird men, je mehr die westliche Ablenkung der bewegten Luft- n Hindernisse findet. In der Passatzone ist der Raum mit Luft angefüllt, welche von NO. nach SW. flieſst, iderstand ist hier am gröſsten und die Luft in b kann ihrer Tendenz nach W. so gehemmt werden, daſs sie ichtung nach d unverändert beibehält, während a nach g Der Sturm wirbelt daher hier am stärksten, geht aber veränderter Breite geradlinig fort. Gelangt er in die ge- te Zone, so findet sich im Raume dbh Luft, welche sich W. nach NO. bewegt; der Widerstand, welchen die hen in b früher fanden, wird dadurch bedeutend ge- rt oder ganz aufgehoben, und die Richtung bd verändert chnell in die Richtung bh, der Sturm biegt sich also ich, während er an Breite schnell zunimmt, da der bisher hen der Bewegung der Puncte in a und der Puncte in b dene Unterschied aufhört. Auf welche Weise jenseit des tors die entgegengesetzte Bewegung statt finden müsse, ist er Zeichnung von selbst ersichtlich. Fig. 203.

35) Die erwähnten, wegen ihrer furchtbaren Wirkungen nein bekannten, westindischen Orkane entstehn an der n Grenze der Passate, da, wo in der Gegend der Wind- die Luft aufsteigt und über dem unteren Passate abflieſst; scheinlich sind es also Massen dieses oberen Stromes, e in den unteren eindringend die erste Veranlassung zu

Digitized by Google

diesen Stürmen geben. Die hohen Gebirge der Inseln in jener Gegend mögen wohl einen Grund zu solchen, die wirbelnde Bewegung solcher Orkane bedingenden, Hemmungen abgeben, da die Luft zwischen zwei Höhen mit doppelter Geschwindigkeit hindurchströmt. Warum die Stürme anfänglich von SO. nach NW. fortschreiten, könnte darin seinen Grund haben, daſs der Theorie nach diese Richtung der Entstehung der Wirbel am günstigsten ist, weil im entgegengesetzten Falle bei einer ursprünglichen Richtung von SW. nach NO. der überall gleichmäſsig entgegenströmende NO.-Passat keine Wirbel veranlassen, sondern nur die Bewegung hindern würde. Daſs auch an andern Orten durch ähnliche Ursachen den westindischen Orkanen gleichende Wirbel entstehen, zeigt Dove durch eine genaue, vermittelst graphischer Darstellung erläuterte Beschreibung des Sturmes, welcher nach Piddington's[1] gesammelten Beobachtungen vom 3. bis 5. Juni in der Bai von Bengalen wüthete, dessen Richtung übrigens die entgegengesetzte war, als die der sämmtlichen, auf der getheilten Charte gezeichneten westindischen, nämlich anfänglich eine südwestliche, die sich nach ihrer Umbiegung mit den in der Mitte liegenden gewaltsamen Wirbeln in eine südöstliche verwandelte. Aus solchen Wirbeln bestehn dann ohne Zweifel auch die *Typhons* im indischen Meere, über welche Horsburgh[2] bemerkt, daſs sie an China's Südküste vom Juli bis September nahe an der Küste eine Drehung der Winde von NW. durch N., NO., O., SO., S. erzeugen, weiter von entfernt dagegen eine von N., NW, W., SW., S., nach Dove Wirbelstürme bezeichnet, die im Sinne S., O., N., W. sich drehend von O. nach W. an der Küste vorbeigehen, die von der nördlichen Hälfte des Wirbels getroffen wird, während die entfernten Gegenden in seiner südlichen liegen.

86) An diese Voraussetzungen knüpft Dove noch einige Folgerungen, die in Beziehung auf das Verhalten der Orkane interessant und wichtig sind. Wenn der rotirende Cylinder aus dem unteren Passate in den oberen gelangt, wo eine westliche Richtung der Luftströmung bereits vorherrscht, so wird sich dieser Theil des Wirbels erweitern und nach einer anderen Richtung fortschreiten, als der untere. Dadurch

1 Researches on the gale and hurricane cet. In Journ. of the Asiatic Soc. of Bengal. N. 91. p. 550. N. 92. p. 631.

2 India Directory. T. II. p. 233.

Digitized by Google

ein Saugen in der Mitte des Wirbels nebst einer Ver-erung des Druckes auf den Boden, indem sich der Wirbel ich nach oben trichterförmig erweitert und dadurch ein eigen der unteren Luftmassen veranlaſst. Dieses Saugen er nicht die Ursache des Sturmes, wie sich aus dem von g. 1837 zu St. Thomas und Portorico beobachteten ergiebt, voraus zu bemerken ist, daſs am ersteren Orte am 1. Aug. das ieter 337 Lin. zeigte. Die folgende Tabelle enthält die an Orten beobachteten Barometerstände und Windrichtungen.

St. Thomas				Portorico			
eit	Barom.	Wind		Zeit		Barom.	Wind
10'	335'''	NW.	Sturm				
20	334	N.					
45	334	N.					
45	332	N.					
40	331,5	NO.					
45	330	NO.					
30	328	NW.	Orkan				
35	325,5	NW.					
45	324	NW.					
0	324	NW.					
10	322	NW.					
22	318,5	NW.					
30	317	NW.					
35	316,5		Windstille				
52	316			8h	0'	333''',28	NNO.
10	316						NNO.
20	316						NNO.
23	320	SSO.	Orkan				NNO.
33	321	SO.					NNO.
38	322	SO.					NNO.
45	323	SO.					NNO.
50	324	SO.					NNO.
0	326	SO.		9	0	332,16	NNO.
10	328	SO.					NNO.
25	329	SO.					NNO.
35	330	SO.					NNO.
50	331	SO.					NNO.
10	332	SO.		10	0	331,03	NNO.
35	333	SO.					NNO.
10	333,2	SO.		11	0	329,90	O.
30	333,5	SO.		12		315,27	O. Orkan
45	335	SO.		15	30	328,43	S.
0	336,5	SW.		16	0	332,16	S.
0	336,8	O.					

Digitized by Google

Die hierbei, wie so oft bei den heftigsten Orkanen, plötzli eintretende gänzliche Windstille, die auf das Gemüth ei noch schrecklichern Eindruck machen soll, als der Sturm sel könnte zwar allerdings von entgegengesetzten, einander a stauenden, Winden abgeleitet werden. Dove findet aber i Ursache in der Wirbelbewegung, weil in der Mitte der Wi selbst Ruhe seyn muſs, die dann an einem gegebenen Orte lange anhält, bis die Mitte desselben fortbewegt ist und äuſseren Kreise eine der früheren entgegengesetzte Rich herbeiführen. Als entscheidender Beweis hierfür gilt ihm a dem der Umstand, daſs bei geradlinigem Fortgange die L strömung von Portorico nach St. Thomas gerichtet, also w lich seyn muſste, statt daſs sie NNO. war. Für die Wi bewegung läſst sich übrigens auch das Argument als entsch dend anführen, daſs zwar bei den Orkanen der Wind h nach eingetretener Ruhe plötzlich in die entgegengesetzte R tung überspringt, nicht selten aber durch den ganzen Kre Windrose herumläuft, was mit lothrecht entgegenge Strömungen ganz unvereinbar ist. Beim Fortschreiten d Wirbel ist noch der Umstand zu berücksichtigen, auf w Redfield aufmerksam gemacht hat, daſs die Erde dies wegung Hindernisse in den Weg legt, weswegen sic Wirbel umbeugt und oben schneller vorausrückt. Dabe das Barometer schon vor dem Eintreten des Sturms wird hieraus das oben (§. 50) erwähnte heftige Brausen e bar, welches häufig bei unten herrschender Windstille i oberen Regionen gehört wird, wenn Thauwetter be und zur Sage vom wilden Jäger Veranlassung gegeben ha sind dieses die herbeiströmenden südlichen Luftma nothwendig eine wirbelnde Bewegung haben müssen, nur hieraus das heftige Brausen erklären läſst. In der h Zone steigen in Folge des Aufsaugens, welches solche W in den oberen Regionen bewirken, heiſse und mit Wasser überladene Luftmassen empor, es entstehn Niederschläge die Abkühlung derselben und es bildet sich das von den fahrern so genannte *Ochsenauge*, eine kleine schwarze W die plötzlich am heitern Himmel zum Vorschein kommt, schnell bewegt und vergröſsert, und einen desto hef Sturm verkündet, je heiterer vorher das Wetter war. Aehnl

heinungen gehn häufig den Tornados an Africa's West- n voraus (§. 104).

87) Ueber die Veränderungen dieser Wirbelstürme bei ihrer reitung in die gemäſsigten Zonen hat Dove einige sehr essante Thatsachen zusammengestellt. Vor allen Dingen en sie bei ihrem Fortgange stets mehr an Umfang zu- en, wodurch dann ihre Heftigkeit gemindert wird, indem ich örtliche Hindernisse sehr mächtige partielle Wirbel gen. Dieses war der Fall bei dem Sturme um Weih- en 1821 zu Brest, zu Portsmouth und an einigen Orten Schweiz, während am Südabhange der Alpen, z. B. zu lig, Genua und Nizza, groſse Ueberschwemmungen durch örte Regengüsse entstanden. Dringen die Massen der en und feuchten tropischen Luft in die Gegenden unter ren und höheren Breiten ein, so sind sie von ungewöhn- Wärme und reichlichen Regengüssen begleitet, worüber um der Erwähnung specieller Fälle bedarf, da sich gewiſs Beobachter erinnert, durch unnatürlich warme Luft auf evorstehen heftiger Stürme aufmerksam gemacht worden n. Hiermit zusammenhängend ist dann auch die gangbare daſs unbeständiges, regnerisches Wetter bevorsteht, wenn wöhnliche Drehung des Windes durch S., W., NW. sich entgegengesetzte verwandelt, insbesondere wenn dieses l geschieht und sich oft wiederholt; denn dieses ist ein n vorhandener, wenn auch nicht gerade heftiger Wirbel. übrigens an verschiedenen Orten entstandene Wirbel ein- treffen und gegenseitig modificiren können, wie nicht , daſs auch geradlinig in verschiedenen, mitunter direct engesetzten, Richtungen sich bewegende Luftmassen auf er stoſsen können, folgt nicht bloſs aus der Natur der sondern Dove[1] hat dieses auch für einen speciellen stimmt nachgewiesen.

s läſst sich keinen Augenblick verkennen, daſs durch er in Kürze mitgetheilten reichen Schatz von Thatsachen e mit groſsem Scharfsinn aus ihnen abgeleiteten Folge- viel Licht über das bisher nicht mit genügender Deut- t erkannte Verhalten der Winde verbreitet ist, und wir daher wegen der Wichtigkeit der Aufgabe versuchen,

---

[1] Poggendorff's Ann. XIII. 606.

ld. Nnnnnn

die Hauptsätze der durch Halley und Hadley ursprüngli begründeten, durch Dove modificirten und verbesserten Theo kurz zusammenzustellen[1].

88) Beschränken wir uns vorläufig auf die nördliche, weitem am vollständigsten bekannte, Halbkugel, so muſs den von Halley richtig erkannten Principien ein Hindrä der kalten, und daher schwereren, Polarluft zum Aequator statt finden, wobei die Axendrehung der Erde schon an in sofern mitwirkend ist, als sie diese Strömung bef Die letztere Ursache allein würde in einer so bewe Flüssigkeit, als die Luft ist, einen Andrang von den zum Aequator hin veranlassen, wenn gleich durch die unterbrochene Dauer ein fast unveränderter Zustand des Gl gewichts zwischen den Wirkungen der Schwungkraft und Schwere herbeigeführt werden müſste, welcher indeſs selbst geringe Hindernisse einer Störung unterliegen Sofern aber der Unterschied der Wärme unter dem Aequator unter dem Pole als die wirksamste Ursache dieser allge Strömung gelten muſs, kommen noch zwei bedingende U hinzu, die mir bisher kaum überhaupt beachtet word seyn scheinen. Zuerst muſs die kältere Luft mit so viel gr Energie in die wärmere eindringen, je bedeutender der U schied ihrer Temperaturen ist. Wir dürfen zwar wohl denklich die Wärme unter dem Aequator mit Rücksicht Declination der Sonne und partiell wirkende örtliche U als überall gleich betrachten, was dann eine überall gleich Strömung der Polarluft zum Aequator hin zur Folg müſste; ganz anders aber verhält es sich mit der kal insofern wir *zwei Kältepole* haben, wonach also die Be nicht von einem gemeinschaftlichen Puncte, sondern vo ausgeht. Wollte man demnach eine Durchschnittsli gleichmäſsig starken Luftbewegung gegen den Aequat ziehen, so würde diese kein den astronomischen Pol um der Kreis, sondern eine die beiden Pole einschlieſsende catenförmige Curve seyn, deren beide Schleiſen sich irgend einer Polhöhe, vielleicht in einem gemeinschaftl

1 Die von Mitchell in Silliman's Amer. Journ. T. XIX. E New Phil. Journ. N. XXIII. p. 30 aufgestellte allgemeine Theor Winde stimmt im Wesentlichen hiermit überein.

nete, vereinigen. Der Einfluſs der beiden Kältepole wird ar gegen die äquatorische Zone hin zunehmend vermindert rden und an der Grenze derselben gänzlich verschwinden, wischen verwandelt sich jene Curve doch sicher nicht in en Kreis, da dieses auch bei den Isothermen[1] selbst nahe m Aequator der Fall nicht ist, und sollte auch die Herabkung der nördlichen Kältepole in gröſsere Nähe des Aequa- auf den NO.-Passat selbst keinen merklichen Einfluſs sern, so wird dieses doch ohne Zweifel in Beziehung auf rückkehrenden SW.-Passat der Fall seyn. Ein zweiter ingender, mit dem ersten genau zusammenhängender, Umd liegt in der normalen Meeresströmung, die im Allgeinen im atlantischen Ocean mindestens zum gröſsten Theile namentlich der Westküste Europa's entlang nach Norden gerichtet ist, in der Behringsstraſse aber eine Richtung nach en annimmt. Die Luftströmung wird demnach theils durch Adhäsion an das Wasser, theils durch die ungleiche Temtur, die auf dem Meere, verglichen mit der über dem Lande, scht, bedeutend modificirt.

89) Denken wir uns die von den nördlichern Zonen zum lator hin vorrückenden Luftmassen, so genügen diese aus n kleineren Raume in einen erweiterten gelangenden nicht, den letzteren gänzlich auszufüllen, denn ihre Mengen vern sich wie die Quadrate der Cosinus der Breite. Hierdurch ten dieselben, als die ohnehin schwereren, das Bestreben ten, sich in den unteren Regionen auszubreiten und die teren, in der äquatorischen Zone aufsteigenden, über sich ieſsen zu lassen. Inzwischen kann eine hierdurch bedingte - und Zurückströmung wegen der vielen, durch die rauhe berfläche verursachten, Hindernisse nicht statt finden, vielr wird nur der allgemeine Andrang der kälteren Luft der kugel zur tropischen Zone zurückbleiben. Leicht zu ern ist dann die entstehende Wirbelbewegung. Solche Wirentstehn selbst bei dem weit minder flüssigen Wasser, so- es bei seiner Bewegung auf Hindernisse stöſst, wie man entlich bei Brückenpfeilern und sonstigen Gegenständen gert, die seinen Lauf hemmen. Wenn daher die von den n herbeiströmenden Luftmassen so weit vorgerückt sind,

1 Vergl. Art. *Temperatur.* Bd. IX. S. 500.

daſs sie durch die Rotation der Erde den nordöstlichen un
südöstlichen Passat bilden, so ist durch diese, fast einen rech-
ten Winkel bildende, Drehung schon der Grund zu ein
Wirbelbewegung gegeben, und ich möchte daher die SW
Passate der subtropischen Zone nicht bloſs als das Erzeugni
der unter der Linie aufgestiegenen und wieder herabsinken
Luftmassen betrachten, sondern vielmehr zugleich für das Er
zeugniſs dieser genannten, schon bestehenden Drehung hal
Hiermit dürfte dann auch die schmale Zone der Windst
zwischen beiden Passaten leicht in Einklang zu bringen
Nach der gewöhnlichen Ansicht entsteht dieselbe dadurch,
beide Polarströme sich wechselseitig aufstauen, wodurch
Windstille entstehn soll; allein dieses könnte unmöglich
einem so breiten Raume von zwei bis drei Graden statt
und noch weniger mit dem ruhigen Abflieſsen der Luft
beiden Seiten verträglich seyn; wenn aber die von beiden E
hälften gegen den Aequator dringenden Luftmassen in F
der Rotation der Erde in der Zone der Passate bereits
Drehung angenommen haben und nach Westen ruhig ab
wie es bei den nur langsam wehenden Passatwinden de
ist, dann muſs zwischen diesen beiden Strömen noth
Windstille herrschen. Diese kann aber keine beständige
vielmehr muſs bei eintretenden Störungen die eine oder
andere Polarströmung in diesen Raum eindringen und
sofort heftige Wirbel mit Platzregen erzeugen, wodu
Region der Windstillen in die der heftigsten Orkane v
delt wird.

90) Was wir beim strömenden Wasser deutlich
nehmen, läſst sich auch auf die Luftbewegungen a
und noch obendrein in einem gröſseren Maſsstabe w
unermeſslichen Ausdehnung des atmosphärischen Ocea
der gröſseren Beweglichkeit der Luft. Wenn ein Wass
auf Hindernisse stöſst oder wenn entgegengesetzte Ströme
ander treffen, so entstehn Wirbel, und obendrein desto g
und stärkere, je gröſser die Massen sind und je schnell
sich bewegen. Die in Wirbeln sich drehenden Wasserm
strömen rückwärts, ohne die Hauptströmung aufzuheben,
wieder mit dieser letzteren zusammen und nähern sich
dieser abermals dem die Drehung bewirkenden Hinder
Ein diesem sehr ähnliches Verhalten findet nach meiner A

h bei der Luft statt. Bei dem allgemeinen Hinströmen der arluft zum Aequator entsteht durch die Rotation der Erde Umdrehung der hiernach bestehenden Richtung, wodurch Passate ihren Ursprung erhalten, und obgleich hiermit ein steigen der erhitzten Luft verbunden ist, so sind wir doch t gezwungen, uns dasselbe als geradlinig vorzustellen, son- auch dieses erfolgt ohne Zweifel in Wirbeln, indem die teigende Luft zugleich in die zurückströmende wieder herab- t. Lassen wir hiernach einmal die zahlreichen partiellen ungen unberücksichtigt und fassen wir die nothwendig be- ten Erscheinungen im Ganzen auf, so liegt der Gesammt- egung der Winde die allgemeine Polarströmung zum Grunde, welcher die Erzeugung der Passate unmittelbar folgt. Die h diese eingeleitete Drehung der Winde erzeugt dann den nnten SW.-Passat, welcher sich unmittelbar an der Grenze Passates auf der nördlichen Halbkugel, insbesondere auf Meere, zeigt, wo örtliche Hindernisse am wenigsten ihren uſs ausüben, sich daher in der subtropischen Zone findet, im Winter, der veränderten Declination der Sonne zu , bis in die tropische hinabreicht, wie man namentlich en SW.-Winden ersieht, welche im Winter in der Bai Benin herrschen. In der gemäſsigten Zone breiten sich ierdurch erzeugten Wirbel zunehmend mehr aus, veran- das allgemeine Drehungsgesetz der Winde von N. durch . und W., und bedingen die namentlich in Europa vor- henden Westwinde, die nach Umständen eine etwas nach er nach N. sich neigende Richtung erhalten.

)I) Alles dieses hat Dove mit genügender Vollständigkeit lich erörtert; es kommt aber noch ein Umstand hinzu, wel- isher weniger berücksichtigt worden zu seyn scheint. Nach Vorhergehenden giebt es auf der nördlichen Halbkugel eine der im Mittel so zu nennenden Westwinde, die ohne he Einflüsse südlich an der Grenze der jezeitig wehenden e anfängt; eine weitere Aufgabe ist aber die Bestimmung nördlichen Grenze. Die in der oben (§. 70) mitgetheilten le aufgezeichneten mittleren Windrichtungen geben hier- keine genügende Auskunft, denn in Groſsbritannien, an Küsten der Nord- und Ost-See, in Dänemark, Norwegen, eden und Ruſsland unterliegen die Winde örtlichen Ein- n, die zum gröſsten Theile in der Nähe des Meeres zu

Digitized by Google

suchen sind. Bloſs Petersburg und Moscau geben eine An-
deutung, daſs der Wind unter höheren Breiten eine mehr nörd-
liche Richtung annimmt. Sehr schätzbar sind daher die z
Felix-Harbour durch Ross und die im grönländischen Eismeer
durch Scoresby den Vater und den Sohn (§. 66) angestellte
Beobachtungen, aus denen mir zu folgen scheint, daſs vo
beiden Kältepolen aus die Luft regelmäſsig dem Aequator zu
strömt, beim Eintritt in die gemäſsigte Zone aber durch d
vorherrschenden Westwind abgelenkt wird. Unregelmäſsi
partielle Winde abgerechnet, deren Wechsel mit der Zuna
der Polhöhe zahlreicher wird, wie insbesondere aus den e
wähnten Beobachtungen von Hamilton und hauptsächlich Sc
resby hervorgeht, durch die von Ross aber bestätigt w
haben wir demnach auf der nördlichen Halbkugel drei Zo
mehr oder minder regelmäſsiger, im Ganzen aber als vorh
schend sich herausstellender Winde, die des Passates, die
ausgedehnte der Westwinde und die nördlichste der N
winde, wenn wir ihre Bezeichnung nach ihrem allgem
Charakter wählen. Die Grenzen aller dieser drei Zonen
schwer anzugeben, weil sie durch mehrfache Nebenbedingu
modificirt und abgeändert werden, die sich nicht mit Siche
feststellen lassen, selbst nicht auf den Oceanen, wo sie
am regelmäſsigsten sind; denn auf dem Lande ist dieses
unmöglich. Unter die Hauptbedingungen dieser Grenzen
hören die stets wechselnde Declination der Sonne und au
dem die Lage der Kältepole. Als allgemein geltend läſs
wohl annehmen, daſs nicht bloſs die südliche Grenze des N
Passates der nördlichen Halbkugel im Sommer höher he
rückt, als im Winter, sondern zugleich auch ihre nörd
tiefer herabgeht. Dieses ergiebt sich offenbar daraus, daſs
oben (§. 67) mitgetheilten vierteljährlichen mittleren W
richtungen, wenn wir Tunis und Madera als zu sehr ö
bedingt ausnehmen, im Sommer mehr westlich oder mehr n
lich werden. Fänden in den hiernach bestehenden allgem
Luftströmungen keine Wirbel statt, so würden wir ohne R
sicht auf die Jahrszeiten im Mittel etwa unter dem 45. B
tengrade anhaltend Westwinde haben, welche nach dem We
kreise hin stets mehr zur südlichen, nach dem Polarkreise
mehr zur nördlichen Richtung übergingen; allein die in
diesen Gegenden statt findende wirbelnde Bewegung ist

ꞏtend, daſs man früher nur von veränderlichen Winden gemäſsigten Zone redete, die man für durchaus regellos und deren Regelmäſsigkeit nur durch Vergleichung mehr-ger Beobachtungen kenntlich hervortrat. Auſserdem aber t es der örtlichen und zufälligen Störungen so viele, daſs allgemeine Gesetz an einzelnen Orten, wie z. B. zu Tunis, era, Fort Columbus u. s. w., gar nicht vorhanden ist, an aber nicht in allen Jahren eine ganz gleiche Windrichtung igt. Diese regelmäſsige Luftströmung hat dann auf die len verschiedenen Orten herrschenden Winde einen ent-idenden Einfluſs, den man aus den zahllosen Unregelmäſsig-n erst dann herauszufinden vermag, wenn man die Existenz s allgemeinen Drehungsgesetzes nicht unbeachtet läſst.

Geschwindigkeit und Kraft der Winde.

92) Man betrachtet allgemein die Kraft, welche der Wind i diejenigen Körper ausübt, die er trifft, oder den *Wind-*, als eine Function seiner Geschwindigkeit, und dieses ist gewiſs richtig; allein wegen seiner wirbelnden Eigen-t kann die Luftbewegung an einem gegebenen Orte sehr seyn, ohne daſs demnach der Wind mit bedeutender elligkeit fortschreitet. Handelt es sich daher um die Be-ung seiner Geschwindigkeit und die Methoden, diese zu n, so muſs man beides wohl unterscheiden. Schon in ten Zeiten suchte man die Geschwindigkeit des Windes lst leichter Körper zu messen, die durch ihn fortgeführt en, als namentlich Seifenblasen, Federn und dergleichen; dieses Mittel ist gerade bei heftigen Stürmen nicht an-bar, wobei eine genaue Bestimmung am wünschens-testen seyn würde. Derham[1] wandte dieses Mittel an wollte damit die Geschwindigkeit eines Sturmes nicht r als 78 Fuſs in einer Secunde gefunden haben, Cou-[2] dagegen bediente sich gleichfalls leichter Federn und hiermit 150 Fuſs in einer Secunde. Der erstere stellte Messungen bei dem starken Sturme im August 1705 an, n Geschwindigkeit 45 engl. Meilen in einer Stunde oder

Philos. Trans. N. 313. T. XXIX.
Theorie des machines simples. Par. 1821. p. 302.

Digitized by Google

66 engl. Fuſs in einer Secunde betragen haben ſollte, weswegen er das Maximum der Geschwindigkeit höchſtens zu 50 bis 60, die mittlere dagegen zu 12 bis 15 engl. Meilen annimmt. In- zwiſchen weiſs gewiſs jeder aus eigener Beobachtung, daſs Federn, Seifenblaſen, die fliegenden Spinnengewebe und ähn- liche leichte Körper zwar wohl geeignet ſind, um die Ge- ſchwindigkeit der wenig bewegten Luft zu meſſen, allein bei ſtärkeren Winden und noch mehr bei Stürmen, wobei eine genauere Beſtimmung gerade am intereſſanteſten ſeyn wür- iſt die Bewegung in ſo hohem Grade wirbelnd, bald auf- bald abſteigend, bald geradlinig bald gekrümmt, daſs ſchon hier- eine nur annähernd richtige Meſſung ganz unmöglich ... nicht zu gedenken, daſs man ſolche Verſuche nicht ge... vorbereiten kann. Selbſt kleine Luftballons von Goldſchläger- haut eignen ſich aus gleichen Gründen hierzu nicht, gröſ... dagegen zeigen die groſse Geſchwindigkeit der Winde, ... wenn ſie nicht zu den Stürmen gehören. Bei ſeinen aëro- tiſchen Verſuchen in England legte Garnerin in Geſell... mit Locker 9 engl. Meilen in 15 Minuten, und mit So... auf ſeiner Fahrt von London nach Colcheſter nach Schä... 60 Meilen in 45 Minuten zurück[1]. Setzen wir die eng... Meile = 4956 par. Fuſs, ſo giebt die erſte Beſtimmung ... 50, die zweite über 110 Fuſs in 1 Secunde, und wollen ... auch annehmen, daſs dieſe Meſſungen nicht genau ſind, ... muſs hiernach doch die Geſchwindigkeit der Stürme ung... gröſser ſeyn, als man bis dahin annahm, was zum Theil ... erklärlich wird, daſs die Meſſungen nahe über der Erd- fläche angeſtellt wurden, die Luftballons ſich aber in ... höheren Regionen bewegten, wo die Luftſtrömung minder ... hemmt und daher ungleich ſchneller iſt. Letzteres geht ... aus Lunardi's erhaltenen, auf jeden Fall etwas gen... Reſultaten hervor[2], welcher bei vollkommener Windſtille, ... während der ganzen Fahrt anhielt, von Edinburg aus 70 Mei- len in 1 Stunde, alſo 96,3 Fuſs in 1 Secunde zurücklegte.

93) Die offen vorliegenden Hinderniſſe, die Geſchwindig- keit des Windes mittelſt der angegebenen Weiſe auch an- nähernd genau zu meſſen, vermochten Brice[3], die ganze ...

1 Th. Young's Lectures. T. II. p. 456.
2 Encyclop. metrop. Mixed Sc. T. I. p. 348.
3 Philos. Trans. T. LVI. p. 226.

Digitized by Google

zu verwerfen, und statt derselben die Bahn des Schat- n wählen, welchen die bewegten Wolken auf der Erde eiben. Hierdurch erhielt er das Resultat, daſs ein be- licher Sturm nahe 60, ein scharfer Wind 21 und ein mä- 10 Meilen in einer Stunde zurücklege, was 86,7, 28,9, Par. Fuſs in 1 Secunde giebt. Die Bewegung des Schat- er Wolken auf der Erdoberfläche, die häufig sehr schnell eht, ist sicher von sehr vielen beobachtet, eigentliche ngen der Geschwindigkeit aber, und noch obendrein ge- sind mir nicht bekannt geworden, was wohl in den ı, damit verbundenen Schwierigkeiten gegründet seyn Denn obgleich wir die Entfernung der Sonne gegen die der Wolke als unendlich, und daher auſser der Berück- ung liegend annehmen dürfen, so können doch unmög- vei Beobachter die für die Messung erforderliche Stand- estimmen, weil die Bahn des Schattens schon wegen des nden Standes der Sonne zu unsicher ist, ein einzelner hter aber könnte nur kurze Strecken messen, was in Anwendung auf groſse sehr bedeutende Fehler herbei- abgerechnet, daſs die Parallaxe bei der Bestimmung des s des ankommenden und nach festgesetzter Zeit fortge- Schattens, wie nicht minder das eigene Fortschreiten nne und der Halbschatten bei nicht scharf begrenzten n der Wolken, jeder genauen Messung unübersteigliche nisse in den Weg legen. Auſserdem wendet Barlow[1] diese Methode ein, daſs nach Hutton die Wolken zwi- zwei entgegengesetzten, sich treffenden und in Folge ungleichen Temperatur einen Niederschlag bewirkenden ömen entstehn sollen, mithin die Geschwindigkeit dieser ngen nicht theilen, ja sogar bei stark bewegter Luft n können. Ist gleich dieser Einwurf nicht absolut gül- o läſst sich doch sein Gewicht nicht ganz verkennen, uch nur insofern, als allerdings die Wolken sich häufig sern und verkleinern, und sich auf jeden Fall in einer Schicht bewegen, von welcher sich nicht auf eine un- ne Weiteres schlieſsen läſst.

äre die Luftbewegung bei den Winden, und na- h bei den Stürmen, keine wirbelnde, vielmehr eine

---

1 Encyclopaedia metropolitana. Art. *Pneumatics*. T. I. p. 348.

Digitized by Google

geradlinigfortschreitende, so würde es leicht seyn, aus der
gleichen Zeit ihrer Ankunft an weit entlegenen Orten, die
der Linie ihrer Richtung liegen, ihre mittlere Geschwindig
zu messen; so aber kann das Fortschreiten des Wirbels
langsam, die Bewegung der Luft aber, die ihn bildet,
schnell seyn, wovon namentlich die Wettersäulen sehr über
zeugende Beweise liefern. Inzwischen bringt es uns der
suchten Bestimmung mindestens etwas näher, und außer
ist es an sich interessant, die Geschwindigkeit des Fortsch
tens dieser Wirbel zu kennen, weswegen es zweckmäßig
wird, einige Beispiele anzuführen. Am 7ten Februar
kam nach der Angabe von Brandes[1] eine Gewitterwolke,
sich um 5 Uhr 30 Min. in Hamburg befand, um 8 Uhr
Neubrandenburg, und um 11 Uhr 30 Min. nach Streh
Schlesien, legte also die ersten 30 Meilen in 2,5 Stunden,
letzten 50 in 3,5 Stunden zurück, also 12 bis 14 Meilen
1 Stunde, was 70 bis 90 Fuſs in 1 Secunde beträgt.
ist diese Berechnung trüglich, denn es war um 8 Uhr 45
auch ein Gewitter zu Königsberg in der Neumark, was
in der angegebenen geraden Richtung liegt, und die
muſste sich daher entweder sehr ausbreiten, oder es war
ein anderes besonderes Gewitter. Der Sturm in der
vom 11ten zum 12ten März 1783 soll nach Toaldo's Beob
achtung die Strecke von Venedig nach Neapel, 276 ital.
len, in 3 Stunden durchlaufen haben, was eine Geschwin
keit von 140 Fuſs in 1 Secunde giebt. Es ergiebt sich
aus allerdings ein schnelles Fortrücken der Luft bei S
allein die Kraft des Windes läſst sich hieraus nicht m
cherheit entnehmen, weil auf die bekannte absatzweise
und geringere Geschwindigkeit der Luft so wenig, als
wirbelnde Bewegung Rücksicht genommen ist. Dieses
evident aus dem Fortschreiten einiger westindischer S
Derjenige von diesen, welcher am 10ten August 1831 B
dos verwüstete, und am 17ten zu Neu-Orleans ankam,
2000 Seemeilen in 150, also 13,5 in 1 Stunde zurück,
seine Geschwindigkeit betrug daher nur 21,5 Fuſs in 1
Der Sturm am 17ten Aug. 1827 durchlief in 11 Tagen

---

1 Beiträge zur Witterungskunde. S. 385.

2 Dove in Poggendorff's Ann. LII. 17.

Seemeilen, hatte also, diese zu 5710 Fuſs gerechnet, nur
ieschwindigkeit von etwas über 18 Fuſs in 1 Sec. Un-
schneller war die Bewegung des Sturmes, welcher am
ot. 1804 bei Guadaloupe entstand, und 15,5 Seemeilen
Stunde, also 24,6 Fuſs in 1 Sec. zurücklegte, und noch
der vom 1sten Sept. 1821 auf den Turks-Inseln, wel-
0 Seemeilen in 1 Stunde, also 47,5 Fuſs in 1 Secunde
ief.

4) Da die hier aus sicheren Beobachtungen in bedeutend
Zeiten berechneten Geschwindigkeiten erweislich sehr
inter der unzweifelhaft gröſseren Geschwindigkeit der
n den durch Sturmwinde verheerten Orten zurückblei-
o läſst sich hieraus schlieſsen, daſs auch die bei ande-
ürmen auf gleiche Weise gefundenen die Wirklichkeit
rreichen. Würde der Wind ohne weitere Modification
it durch eine Verdünnung der Luft und das geradlinige
ſsen anderer Luftmassen in diesen Raum erzeugt, so lieſse
e Geschwindigkeit dieser Strömung aus dem jedesmaligen
terstande nach den im ersten Abschnitte oben gegebenen
n berechnen, allein die bisherigen Betrachtungen ergeben
nd, daſs die Bewegung der Winde vielmehr eine wir-
ist, in der Mitte dieser meistens zugleich aufsteigenden
daher leicht eine langsame Bewegung der Luft, mit
Barometerstande verbunden, statt finden kann, während
eren Orten die einmal in Bewegung gesetzte Luft ver-
der Fortdauer dieser Bewegung in Folge der Trägheit
engedrückt wird, und einen höheren Barometerstand er-
Das Barometer giebt daher nur allgemeine Vorzeichen
ehender Stürme, deren Heftigkeit im Ganzen der Gröſse
Schwankungen proportional zu seyn pflegt, keineswegs
es aber als Meſswerkzeug ihrer Geschwindigkeit dienen;
hr zeigen zahlreiche Erfahrungen, daſs unmittelbar vor
aſs während eines verstärkten Windstoſses das Quecksil-
h wohl eine Linie und darüber zu erheben pflegt. Das
te Mittel, die Geschwindigkeit der Windbewegung zu
, dürfte daher in der mechanischen Kraft derselben ge-
seyn, doch stehn den genauen Bestimmungen, die sich
entnehmen lassen, nicht unbedeutende Schwierigkeiten
en. Dahin gehört vorzüglich die stoſsweise mit bedeu-
vechselnder Stärke statt findende Bewegung, wodurch die

Digitized by Google

ohnehin bei Stürmen nicht leichte Beobachtung der App ausnehmend erschwert wird. Hierzu kommt auſserdem der Einfluſs, welchen die Gröſse der Flächen, gegen w der Wind ſtöſst, auf die hierdurch erzeugte Kraft ausübt, wir weiter unten sehn werden. Ein sehr geeignetes W zeug, um die mittlere Geschwindigkeit des Windes zu m scheint mir Woltmann's *hydrometrischer Flügel*[1] unte höriger Modification, und Lind's Windmesser zu seyn, w unten die Rede seyn wird[2].

95) Dürfen gleich die bis jetzt bekannt gewordene stimmungen der Geschwindigkeiten des Windes auf kein hen Grad von Genauigkeit Anspruch machen, so wolle doch die wichtigsten unter ihnen hier mittheilen. Bra schlieſst aus eigenen Beobachtungen, die er an zwei, Richtung eines sich erhebenden Windes, von einander liegenden Windmühlen machte, daſs ein nur mäſsig ge Wind dennoch 12 und, mit Rücksicht auf den Widerst vor ihm her getriebenen Luft, wohl 16 Fuſs in 1 S durchläuft. Hiermit übereinstimmend findet er die B von Woltmann's Jahre lang täglich fortgesetzten Beob gen, wonach die heftigsten Stürme in unsern Gegende gröſsere mittlere Geschwindigkeit, als 70 bis 80 Fuſs sollen, während die einzelnen Stöſse jedoch erheblich s seyn mögen. Die Angaben, wonach den südlichern S 150 Fuſs beigelegt werden, findet er nicht übertrieben, aber die von Rochan, welcher diese Gröſse im Maxim 600 Fuſs setzt[4]. Offenbar zu klein ist die Angabe. Mariotte[5] die Geschwindigkeit eines heftigen Stu nicht mehr als 32 Fuſs in 1 Sec. setzt; näher sche die Bestimmung von Derham[6], welcher aus seinen M

1 Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels. H 1790. 4. Vergl. Art. *Strom.* Bd. VIII. S. 1187.

2 Vergl. Art. *Windmesser.*

3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 384.

4 Diese Bestimmung beruht auf der Schätzung des heftige mes, welchen er 1771 auf Isle de France erlebte, wobei das B ter 25 Lin. fiel. Uebrigens bestimmt er die Geschwindigkeit de me zu 152 Fuſs. S. Voyage à Madagascar. Par. 1791.

5 Musschenbroek Introd. T. II. §. 2615.

6 Philos. Trans. N. 114 u. 313.

d 81 engl. Fuſs fand; doch war die Heftigkeit des Stur-) groſs, daſs er eine steinerne Säule von 12 Fuſs Höhe, 3reite und 2 F. Dicke abbrach. Für den heftigen Sturm, n KRAFT[1] zu Petersburg im Jahre 1741 beobachtete, nte er die Geschwindigkeit zu 109,7 und ein anderes 123 Fuſs. Am meisten bekannt sind die Bestimmun- welche JOHN SMEATON[2] von einem gewissen ROUSE er- ınd in der nachfolgenden Tabelle zusammenstellte, worin chwindigkeit in engl. Fuſs für 1 Secunde und die Kraft einen engl. Quadratfuſs Fläche in Pfunden Avoir-du- Gewicht angegeben sind.

ıennung der Winde[3]	Geschwindigkeit		Kraft	
vahrnehmbar	1,47	Fuſs	0,005	Pfund
ahrnehmbar	2,93	—	0,020	—
rceptible)	4,44	—	0,044	—
ımer Wind	5,87	—	0,079	—
pleasant wind)	7,33	—	0,123	—
ım lebhafter Wind	14,67	—	0,492	-
nt prisk gale)	22,00	—	1,107	—
ıhafter Wind	29,34	—	1,968	—
risk)	36,67	—	3,075	—
Wind	44,01	—	4,429	—
Vind)	51,34	—	6,027	—
ker Wind	58,68	—	7,873	—
igh wind)	66,01	—	9,963	—
. . . .	73,35	—	12,300	—
Sturm	88,02	—	17,715	
. . . .	117,36	—	31,490	
Hurrican	146,70	—	49,200	

weit mehr Sicherheit, als die bisher angegebenen Mit- hren, lieſse sich die Geschwindigkeit des Windes aus

omment. Petrop. T. XIII. p. 380.

hilos. Trans. 1759. p. 165.

ie englischen Seefahrer bezeichnen die Winde nach ihrer zu- n Geschwindigkeit durch folgende Namen: *Calm; inclinable to ght air; gentle breeze; moderate breeze; brisk breeze; fresh rong breeze; briskgale; fresh gale; strong gale; hard gale; very ; excessiv hard gale; hurricane.* SCORESBY nennt mit Recht eichnungen keineswegs genau. S. Account of the arctic Re- I. p. 396.

Digitized by Google

Guadeloupe verheerte. Genaue Beobachtungen der meteoro-
giſchen Instrumente zu Brüſſel bei dem heftigen Sturm
Belgien am 29sten Nov. 1836, welcher sich bis an die Kü
der Nordsee erstreckte, bestätigen den oben ausgesproch
Satz, daſs die Geschwindigkeit der Luftströmung größe
als sie nach dem bloſsen Unterschiede der Quecksilberhöhe
könnte, denn das auf 0° C. reducirte Barometer sank vo
um 9 Uhr Abends, bis zum 29sten um 3 Uhr Nachm
nur von 747,33 bis 738,46, also um 8,87 Millimeter, w
nach der im ersten Abschnitt mitgetheilten Formel nur
Fuſs Geschwindigkeit in 1 Secunde geben würde. D
sind die heftigen Stürme in diesen Gegenden stets vo
wöhnlicher Wärme begleitet, ja man darf die letztern
sicheres Vorzeichen der ersteren betrachten, und wirklich
auch das Thermometer zur Zeit der gröſsten Heftigkeit
C. In den meisten Fällen geht indeſs Windstille und
wöhnlich warme, feuchte Luft den Stürmen in diesen G
den voraus. Merkwürdig ist aber, daſs die Stürme a
Küsten der Nordsee vorzugsweise dem Monat November
hören[1]. So herrschte auſser dem erwähnten dort ein
am 26sten Nov. 1282, welcher den See Flivo mit dem
vereinigte und den Zuidersee bildete, am 19ten Nov.
welcher 72 Dörfer verheerte und gegen 100000 Mensch
Lebens beraubte, am 5ten Nov. 1430, welcher Hollan
che zerstörte, am 22sten Nov. 1686, wobei 25 Dö
mehr als 10000 Menschen vom Meere bedeckt wurde
11ten Nov. 1775, welcher groſsen Schaden, namentlich
Niederlanden, anrichtete, und am 9ten Nov. 1800, w
Orkan sich über einen groſsen Theil des nordwestlich
ropa's erstreckte. Letzteren, und die ihm vorausgehend
türliche Wärme beobachtete ich selbst zu Hannover, w
stärksten Lindenbäume zerbrochen, auf dem Harze aber
Tannen ausgerissen wurden. Im Main zwischen Frankf
Mainz gingen mehrere Schiffe unter, Flanderns Küste zw
Ostende und Dünkirchen war mit Trümmern und Leich
deckt, zu Dünkirchen berechnete man den angerichteten
den auf 100000, zu Calais auf 200000 Franken, zu Gra
aber kamen viele Menschen in der Kirche um, weil der
auf dieselbe herabfiel.

1 S. Précurseur d'Anvers. 1836. Nov.

Einen heftigen Sturm, welcher am 7ten Jan. 1839 die end von Dumfries an der Seeküste Schottlands verheerte, hreibt Garden[1] zunächst nach den Beschädigungen, welcher an einem abgesondert liegenden Hause anrichtete. Der begann mit einzelnen Windstöſsen, welche mit Windn abwechselten, aus OSO, drehete sich im weiteren Verdurch O., S., W. und hörte in NW. auf. Das Baro-sank während desselben um 1,5 engl. Z., und als er seine te Stärke noch nicht erreicht hatte, wurde seine Geindigkeit auf 40 engl. Meilen in der Stunde, also 55 Par. in 1 Secunde, geschätzt. Nachdem er in der Nacht vom zum 7ten Januar etwas nachgelassen, dann sich durch S. W. gedreht hatte, fing er mit erneuerter Wuth wieder ob unter andern eine Masse Blei, zwei Tonnen schwer, t die Platform des Hauses gedeckt war, ab, und führte rch die Luft fort; sogar die steinernen Platten, womit äche getäfelt war, bebten, und einige ausgerissene Bäume mit ihren Wurzeln eine Masse des Thonbodens von zwei i Tonnen Gewicht in die Höhe gehoben.

a den stärksten Sturmwinden gehören diejenigen, welche südlichen Frankreich herrschende Mistral (§. 40 u. 48) elten auf dem Lande, und in seiner Fortsetzung auf ittelländischen Meere bis nach Algier hin erzeugt. Nach ET[2] durchläuft derselbe 20 Meter in 1 Sec.; der im 1779 tobende übte einen Druck von 3 Kilogramm gegen äche von 1 Quadratfuſs Inhalt aus (was nach der Ta- 95 ungefähr zu 66 engl. F. Geschwindigkeit gehört), re 1767 und 1780 war er noch heftiger, am gewaltsamer am 30sten Oct. 1782, dem stärksten, welcher bis obachtet wurde, denn nach Lamanon leistete er einen von mehr als 6 Kilogramm gegen eine gleich groſse und würde alles zerstört haben, wenn er bei dieser nur einige Minuten lang gedauert hätte. Hiernach darf

---

[1] Lond. and Edinb. Philos. Mag. N. XC. p. 360. Eine Beschreir verheerenden Stürme, welche im Jahre 1838 Groſsbritannien findet man in Edinburgh New Philos. Journal. N. LIII.

[2] Recherches sur la distribution des Vents dominants en France l.

man sich nicht wundern, wenn erzählt wird, daſs er belad
Wagen umgestürzt und Reiter von ihren Pferden gew
habe. De Saussure sah mit Verwunderung, daſs die Sch
ben im zweiten Stock des Schlosses zu Grignan durch K
steine, welche diese Stürme von einer benachbarten Ter
aufzuheben und gegen sie zu schleudern pflegten, wied
zerschlagen wurden, bis man es aufgab, sie wieder hers
zu lassen.

97) An Norwegens Küsten toben die schrecklichsten S
me in bedeutender Menge, wozu wohl ohne Zweifel der g
Unterschied der Temperatur des Meeres und des Landes,
mentlich im Winter, viel beiträgt, jedoch sind sie dort w
ger verheerend, weil die hohen und steilen Küsten g
Ueberschwemmungen, als an den flachen der Niederlande
gestatten. Sie zeichnen sich gleichfalls durch bedeutende
me aus, und da ihre Richtung stets nordwestlich ist,
man hieraus schlieſsen, daſs sie durch die äuſsersten G
des Südwestpassats, den die von Norden her strömende
luft zurückdrängt (§. 91), erzeugt werden. Nach den ü
stimmenden Zeugnissen von L. v. Buch[1] und Bedemar
ben sie an den Küsten von Finmarken und namentl
Kielvig mit solcher Wuth, daſs kein Licht und kein
brennend zu erhalten ist, und die Häuser kaum dagegen
halten würden, wenn sie nicht sehr tief, fast in der
ständen, und zugleich drei Ellen dicke Mauern hätten. In
doehous darf sich während ihrer Dauer niemand ins Fr
gen, um nicht in Gefahr zu gerathen, in den nahen S
schleudert zu werden. Das Wasser des Meeres wird d
zu einer Wolke, in einen Nebel, zerstiebt, welcher d
einhüllt, und einst warf ein solcher Sturm ein mit
schweren Steinen beschwertes Dach gleich einem Bla
ein tiefer stehendes Haus weg. Ihre Zahl an jener K
so groſs, daſs Herzberg binnen zwölf Jahren deren 2
im Jahre 1798 allein 33 zählte.

98) In der nördlichen kalten Zone, wo im Winter
merkbare nördliche Luftbewegung statt findet, im Somm
die Winde im höchsten Grade veränderlich, einzelne W

1 Reisen. Th. II. S. 92.

2 Reisen. Th. I. S. 159. Th. II. S. 115.

sehr häufig, die Richtungen im Ganzen aber nördlich
estlich sind, gehören die heftigsten Stürme aus SW. und
den nicht ungewöhnlichen Erscheinungen. Cranz[1] er-
daſs die Stürme in Grönland Zelte und leichtere Kähne
Höhe heben, das Seewasser wie Schneestaub über das
hintreiben, und mehrere Pfunde schwere Steine in der
ortführen. Diejenigen, welche die Boote in Sicherheit
n wollen, müssen auf dem Boden hinkriechen, um nicht
ute des Sturmes zu werden. Die heftigsten dieser Or-
vehen von Süden, gehn dann nach Nord herum, legen
nd es erfolgt heiteres Wetter. Von einem unerhörten
e am 6ten Nov. 1809 auf Island erzählt Mackenzie[2],
as Seewasser mehrere engl. Meilen weit landeinwärts fort-
en, die Kähne in der Bai aber in die Luft gehoben und
nmert wurden. Derselbe kam übrigens von Norden, und
4 Stunden an.

er heftige Sturm am 12ten März 1783, welcher an den
Italiens tobte und einen Centralpunct in der Schweiz
haben soll, ist durch Brandes[3] vorzüglich bekannt
len, und durch Lampadius[4] der von 1791, welcher in
u vorzugsweise wüthete, während in Göttingen SW.
Königsberg ganz entgegengesetzt NO.-Wind herrschte.
e öffentliche Blätter[5] erzählten von einem ungewöhnlich
ı Sturme zu Wien, dem gleichfalls eine für die Jahrs-
gewöhnliche Wärme vorausging, worauf dann nach
; dichter Wolken um 1 Uhr Nachts am 30sten Sept.
in eigentlicher Orkan folgte, dessen Hauptrichtung von
WNW. überging. Derselbe erschütterte die festesten
und machte sie schwanken, und stürzte auſserdem Tau-
on Dachziegeln auf die Straſsen herab. Zwischen 3 bis
war die Wirkung am stärksten und ging dann in einen
a Wind über. Die Kuppel des Augustiner Kirchthurms
abgeworfen, und dem Anschein nach in der Luft her-
eht, was mit der wirbelnden Bewegung der Luft bei

History of Greenland. T. I. p. 47.
Travels in Iceland during the summer 1810.
Beiträge zur Witterungskunde. S. 104.
Atmosphärologie. S. 192.
Nationalzeitung vom 29sten Oct. 1807.

diesen Meteoren sehr gut übereinstimmt. Ein eisernes Zif- blatt am Michaelisthurme war wie ein Stück Papier aufge- Tausende von Schornsteinen und Feuermauern waren ein- stürzt, viele Dächer abgehoben, zahllose Fenster eingedrü- die Gärten verwüstet, die stärksten Bäume abgebrochen o- ausgerissen, namentlich im Prater in solcher Menge, daſs Holzhändler sie für 25000 Gulden kauften. Derselbe St- verschob zu Zell am Hammersbach in Baden ein neues H- und warf das von Hamburg abgegangene Postschiff zwi- Harburg um, so daſs von 70 Menschen 30 umkamen. Heftigkeit der Stürme scheint tiefer im Innern Europa's weiter nach Osten hin nicht merklich abzunehmen. Von Sturme, welcher am 17ten April 1823 zu Groſs-Str- Schlesien wüthete, wird erzählt[1], daſs er eine Breite von etwa 200 Schritt einnahm, also einer Landtrombe glich, auf dieser Strecke alles verwüstete, die sämmtlichen Zieg- der Kirche herabschleuderte, mehrere Wohnungen und S- nen umwarf, und einen mit eisernen Bändern an einem T- befestigten Fensterladen mehrere hundert Schritt durch di- fortführte. Bei Strzello kehrte er das Obere einer Wi- zu unterst, und warf während drei Minuten zu Kra- eine ganz neue Windmühle, fünf Scheunen und zwei um. Die Windmühle wirbelte, wie eine von Papier, m- glaublicher Schnelligkeit über ein Mädchen weg, die sich schreckt wurde, als sie gleich darauf aus dem Raume Müllerburschen unversehrt hervorkriechen sah. Die Be- bungen, welche die Reisenden von den Schneestürmen Ebenen des südlichen Ruſslands machen, sind in de- Schauder erregend, und sie gleichen wahrscheinlich de- man auch in Kamtschatka beobachtet[2].

99) Ungleich heftiger sind die nicht seltenen Stürme, che Westindien verheeren, dann sich umbiegen, und Staaten Nordamerica's zwar geringeren, aber immer noch baren Schaden anrichten. Diese, von denen bereits oben die Rede war, heiſsen *Tornados* oder *Trovados* und *Hurricanes*[3]; sie haben fast alle den nämlichen Charakt-

1 Frankf. Zeit. 1823. N. 133.

2 Vergl. Art. *Schnee.* Bd. VIII. S. 565. Vergl. oben §. 44.

3 Das Wort *Huracan* soll nach Oviedo historia general

icher Wirbelwinde, und sind keineswegs selten, viel-
ann man jedes Jahr ziemlich sicher auf ein solches Me-
chnen, die eigentlich heftigen aber folgen meistens ein-
n Zwischenräumen von wenigen Jahren. Sie beginnen
gemeinen in der tropischen Zone, gehn aber auch bis
tropischen hinauf, sind am verheerendsten auf den An-
treffen aber nach DAUXION-LAVAYSSÉ[1] die Inseln Tri-
und Tabago nicht, weil diese durch Berge gegen sie
zt sind. Zu ihnen können wir denjenigen rechnen,
am 6ten und 7ten Nov. 1826 auf Teneriffa wüthete[2],
gleich mit einem beispiellosen Regengusse verbunden
Selbst im Hafen zertrümmerte der Orkan einige Schiffe,
trieb er auf die hohe See, warf unter andern ein ame-
hes Schiff mit solcher Heftigkeit gegen den Molo, daſs
Stücke zerschellet mit der ganzen Mannschaft versank,
zwei Matrosen, die sich an den Tauen des groſsen Ma-
tgeklammert hatten, und auf diese Weise auf den Molo
udert wurden, als der Mast beim Stoſse in der Mitte
h, und sein eines Ende auf den Molo flog. Durch die
einen gemengten Fluthen wurde eine groſse Bastion in
von Ste. Croix nebst ihrem Geschütz und das feste
von Candelaria, welches den Hafen von Oretava ver-
, bis auf die letzte Spur weggerissen. Im Ganzen ka-
2 Menschen und 936 Stück Vieh um, 307 Häuser wur-
nz weggerissen und 114 beschädigt. Von sehr eigen-
hen Erscheinungen war der Sturm am 25sten Juli 1825

s Liv. VI. in der Sprache von Haiti einen mit Regen begleite-
rm bezeichnen. Nach IRVING Life of Columbus. T. II. p. 305.
die Indianer sie *Furicans* und *Uricans*. S. Edinb. New Phil.
N. IX. p. 186. Der Name *Tornado* aber, wodurch man haupt-
die Stürme im atlantischen Ocean an der Westküste Africa's,
den Antillen bezeichnet, die nach ihrem Umdrehen und Ein-
in die südlichen Staaten Nordamerica's meistens Huricans hei-
oll nach Dr. BOYLE eine durch die Portugiesen gemachte Cor-
ng des Wortes *Trueno* seyn, was in Sierra Leone einen Sturm
ner bezeichnet. S. Edinb. New Phil. Journ. N. XXV. p. 179.
ichen in ihrem Verhalten sehr den Wettersäulen, den Land-
. S. Art. *Wettersäule* §. 5.
Reise nach d. Inseln Trinidad, Tabago und Margarethe u. s. w.
von ZIMMERMANN. Weim. 1816. S. 58.
BERTHOLLET in Ann. de Chim. T. LVIII. p. 204.

auf Guadaloupe begleitet, von welchem Gay-Lussac[1] na genauen amtlichen Berichten eine Beschreibung mitgetheilt h Viele gut und festgebaute Häuser wurden umgestürzt, Da ziegel mit solcher Gewalt fortgeschleudert, daſs mehrere d selben durch die Thüren in die Magazine drangen, ein ta nes Bret aber, 1 Meter lang, 2,5 Decimeter breit und 23 M limeter dick, wurde mit solcher Gewalt fortgetrieben, daſs einen 45 Centimeter dicken Palmbaum durchschnitt. Ein gearbeitetes eisernes Gitter vor der Wohnung des Comman ten konnte der Gewalt nicht widerstehn, sondern zerbrach, selbst drei 24pfündige Kanonen wurden bis an die Br des Walles fortgeschoben. Am auffallendsten aber ist d sicheren Zeugnissen beruhende Angabe, daſs der Wind l tend schien, und eine silberfarbene Flamme, welche durch Risse der Mauern und die Oeffnungen der Schlösser drang, Schein gab, als stände der Himmel in Feuer.

100) Etwas Gewöhnliches bei diesen westindischen überhaupt den tropischen Orkanen ist die Eigenthümlich daſs der Wind während ihrer Dauer seine Richtung ändert, meistens den ganzen Kreis des Compasses durchläuft, w gen nach einer Angabe von Flinders[2] die Bewohner der tillen noch einen baldigen zweiten Sturm erwarten, wenn statt gefundene nicht ganz herumgekommen ist, und wir erfolgte auch, dieser Erwartung gemäſs, auf den am 2 Febr. 1806, welcher nur von SW. bis NO. gelangte, na Tagen ein zweiter, welcher von OSO. nach WSW. he lief. Eine Drehung, wenn auch eine minder auffallende, übrigens allen Stürmen eigenthümlich zugehörend, un hält diejenigen in der Nordsee für die gefährlichsten, w in SW. anfangen und sich nach NW. wenden, was a den Wintergewittern an Norwegens Küsten der Fall z pflegt[3]. Eine zweite Eigenthümlichkeit, welche Le Bl erwähnt, daſs diese Stürme nach vorausgegangerer groſser H und Windstille eiskalt seyn sollen, finde ich durch ande tige Nachrichten nicht bestätigt, und muſs diese Angabe

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXIII. p. 412.
2 Bibliothek der Reisen. Th. LVI. S. 683.
3 S. XXIX. 179
4 Dessen Reisen. Uebers. von Zimmermann. Th. I. S. 406.

nern Ausnahmen entnommen oder ganz falsch seyn. Sehr ig aber, wo nicht bei den heftigsten allgemein, tritt wäh- des Orkans, ungefähr in der Mitte seiner Zeitdauer, eine liche Windstille ein, worauf der Wind zur ganz entge- esetzten Richtung übergeht. Dieses eigenthümliche, aus Wirbelbewegung der Orkane leicht erklärliche Verhalten n wir bei den Tornados, deren Fortschreiten auf der oben 3) mitgetheilten Charte gezeichnet ist, und worüber wir e Beschreibungen besitzen[1]. Dahin gehört der Tornado ugust 1831, welcher am 10ten Nachts zu Barbados an- am 11ten auf der Insel St. Vincent und St. Lucia tobte, r sich südlich bis Granada, nördlich bis Martinique er- t, seine gröſste Wuth aber zwischen 12° 30′ und 14° itwickelt haben soll, am 12ten auf der Küste von Porto anlangte, Nachts zum 13ten über St. Domingo mit südli- Ausdehnung bis Jamaica fortschritt, am selben Tage auf stseite von Cuba und am 14ten zu Havanna auf der West- lieser Insel ankam, am 15ten über das Meer fortschritt, iten und 17ten endlich von der Nordküste des mexicani- Meerbusens unter etwa 30° N. B. über Pensecola, Mo- nd Neu-Orleans sich ausdehnte, wo er bis zum 18ten , so daſs er im Ganzen von Barbados bis Neu-Orleans e gebrauchte[2]. Reid theilt die Beschreibung dieses Stur- on einem Augenzeugen mit, welcher ihn zu Bridgetown rbados beobachtete[3]. „Nach vorausgegangenem heiteren er begann der Sturm am 10ten August um 9 Uhr Abends näſsigem Nordwinde, und eine halbe Stunde später mit n in NNO. und NW. Windstöſse und Regenschauer von ., durch Windstillen getrennt, folgten dann bis Mitter- bei 28° C. Temperatur, die während der Windstillen 0° C. stieg. Nach Mitternacht wurde das unausgesetzte men der Blitze schrecklich, und der Sturm brauste wü-

---

1 Die Hurricanes vom 1sten Sept. 1821 und von 22sten Aug. 1830 eibt Redfield in Silliman's Amer. Journ. T. XX. p. 17., und daher ihre Drehung und evident wirbelnde Bewegung nach. ebend. T. XXV. Hft. I. S. 44. Bibl. univ. 1834. Avr. p. 412. rgh New philosoph. Journ. N. XXXV. p. 20.

2 Sillim. Amer. Journ. T. XXI. p. 192.

3 Nach der Uebersetzung von Dove in Poggendorff's Annalen. S.

Digitized by Google

„thend von N. und NO. Um 1 Uhr Morgens am 11ten w
„die rasende Wuth des Windes, der Orkan wandte sich pl
„lich von NO. nach NW. und den dazwischen liegenden S
„chen des Compasses. Die oberen Regionen der Atmosp
„waren unterdeſs von ununterbrochenen Blitzen erleuchtet;
„diese lebhaften Blitze wurden an Glanz von den St
„elektrischen Feuers übertroffen, welche nach allen Richt
„hin explodirten. Etwas nach 2 Uhr ward das Heulen
„Orkans, der von NNW. und NW. hereinbrach, so ar,
„keine Sprache es zu beschreiben vermag. Lieut.
„Nickle hatte unter einem Fensterbogen des unteren S
„werks Schutz gesucht, und hörte wegen des Sturmes ni
„Einstürzen des Daches und des oberen Stockwerks.
„Uhr nahm der Wind ab, aber wüthende Stöſse kamen
„wechselnd von SW., W. und W., NW. Einige Augenbl
„hörten auch die Blitze auf, und eine schreckliche Fins
„hüllte die Stadt ein. Feurige Meteore fielen dann vom
„mel, eins besonders von Kugelform und tief rother
„senkrecht aus einer bedeutenden Höhe. Diese Feuerku
„entschieden durch ihre eigene Schwere, nicht getrieben
„eine äuſsere Kraft. Als sie sich mit beschleunigter Gesch
„digkeit der Erde näherte, wurde sie blendend weiſs, un
„länglichter Gestalt. Als sie in Beckwirth-Square den
„berührte, spritzte sie rings umher wie geschmolzenes M
„und erlosch augenblicklich. Ihre Gestalt und Gröſse w
„einer Lampenglocke, und das Umherspritzen beim Au
„gab ihr das Ansehn einer Quecksilberkugel von
„Gröſse[1]. Einige Minuten nach dieser Erscheinung s
„dumpfe Geräusch des Windes zu einem majestätisch
„murmel herab, und die Blitze, welche seit Mittern
„Zickzack geleuchtet hatten, erschienen nur eine halbe S
„lang mit neuer und erstaunlicher Thätigkeit zwischen
„Wolken und der Erde. Die groſse Dunstmasse schien

---

1 Nicht selten fällt bei starken Gewittern eine feurige
gleich einer Kugel, herab, ohne zu zünden und selbst ohne
Knall, wie dieses namentlich zu Heiligenstadt im Jahre 181
westphäl. Moniteur Nr. 63 von vielen Augenzeugen beobachtet
Der Beschreibung nach glich das Meteor zu Barbados mehr
Feuerkugel mit herabfallenden Meteorsteinen, allein ich bin gene
vielmehr für einen solchen Blitz zu halten.

Digitized by Google

ser zu berühren und sendete Flammen niederwärts, die ell wieder aufwärts von der Erde zurückschlugen. Au- licklich nachher brach der Orkan von W. wieder herein unbeschreiblicher Gewalt, tausend Trümmer als Ge- sse vor sich her treibend. Die festesten Gebäude erbebten ren Grundmauern, ja die Erde selbst zitterte, als der örer über sie hinwegschritt. Kein Donner war zu hören, das gräſsliche Geheul des Windes, das Brausen des ns, dessen mächtige Wellen alles zu zerstören drohten, die andern Elemente etwa verschonen möchten; das Ge- l der Ziegel, das Zusammenstürzen der Dächer und rn, und die Vereinigung von tausend andern Tönen, bil- ein Entsetzen erregendes Geräusch. Nach 5 Uhr lieſs Sturm einige Augenblicke nach, und da hörte man deut- das Fallen der Ziegel und Bausteine, welche durch den n Windstoſs wahrscheinlich bis zu bedeutenden Höhen n fortgerissen worden. Um 6 Uhr war der Wind S., um r SO., um 9 Uhr schönes Wetter. Sobald die Dämme- die Gegenstände sichtbar machte, ging der Berichterstat- uf den Kai. Der Regen schlug so heftig herab, daſs er Haut verletzte, und so dicht, daſs man nur bis zur Spitze Dammes sehn konnte. Die Wogen rollten so gigantisch i, als böten sie jeder Zerstörung Trotz, so wie sie aber sich er Werfte brachen, verloren sie sich unter den Trüm- jeder Art. Balken, Schiffstaue, Tonnen, Kaufmanns- bildeten eine zusammenhängende, undulirende Masse. zwei Schiffe waren aufrecht, viele umgekehrt, oder lagen der Leeseite in seichtem Wasser. Vom Thurme der Ka- rale zeigte sich ein Bild allgemeiner Zerstörung; der An- der Gegend war der einer Wüste, nirgend eine Spur Vegetation, einige Flecke welken Grün's ausgenommen. Boden sah aus, als wenn Feuer durch das Land gegangen e, welches alles versengt und verbrannt hätte. Einige ige stehn gebliebene Bäume, ihrer Blätter und Zweige be- t, gewährte einen kalten, winterlichen Anblick, und die reichen Landsitze in der Umgebung von Bridgetown, frü- von dichten Gebüschen beschattet, lagen nun frei in Trüm- n"[1].

Der Schaden, welchen derselbe auf Barbados anrichtete, wurde

101) Noch merkwürdiger ist der Orkan vom 10ten 1780, welcher durch die Zerstörung der englischen Kriegsſ unter Rodney sehr bekannt wurde, und den eben beschri nen an Heſtigkeit noch übertraf[1]. Schon 7 Tage früher störte ein Sturm zu Jamaica die Schiffe Scarborough, Barb Victor und Phönix; aber die Princeſs Royal, der Henry der Austin Hall, die in Savanna la Mar von den Ankern rissen und in die Moräste getrieben waren, wurden so auf das feste Land gehoben, daſs sie den überlebenden wohnern zur Wohnung dienten.

Die Breite des Sturmes vom 10ten Oct. war gleich fangs so groſs, daſs er die äuſsersten Grenzen der kleinen tillen, Trinidad und Antigua, gleichzeitig umfaſste, wä sein Centrum über Barbados nach St. Lucia fortrückte, Admiral Hotham mit den Schiffen Vengeance, Mont Egmont, Ajax, Alcmene und Amazone lag. Darauf traf der Südküste von Martinique das französische Convoy von Fregatten und funfzig Transportschiffen mit 5000 Mann T pen, wovon nur 6 bis 7 Schiffe sich retteten. Von hier r das Centrum über Portorico, wo der Deal Castle sch nach der Insel Mona, beschädigte das englische Convoy deutend, dann weiter nach den Silver-Keys, wo der St Casle unterging. An welcher Stelle der von St. Lucia Jamaica segelnde Thunderer, auf welchem der Comm Walsingham seine Flagge aufgezogen hatte, verloren ge gen sey, ist niemals bekannt geworden. Unter 26° N wandte sich der Orkan nach NO. und traf die zu Savana k entmasteten Schiffe Trident, Ruby, Bristol, Hector und Gr unter Admiral Rowley, wandte sich dann nach den Berm Inseln, und holte den früher schon unbrauchbar geword Berwick auf seiner Rückkehr nach England ein. Nicht m verheerend, als bei den Schiffen, wüthete der Orkan auf Inseln. Auf Martinique kamen 9000 Menschen um, 100 lein in St. Pierre, wo kein Haus stehn blieb, da das Mee Fuſs hoch anschwoll, und 150 Häuser am Ufer in einem

---

auf 2311729 Lstl. geschätzt, die Zahl der umgekommenen Men betrug 2500 und der verwundeten 5000. S. Edinburgh New Phil. J N. XXVII. p. 180.

1 Beschreibung ebendaselbst, hier etwas abgekürzt.

Digitized by Google

licke verschwanden. In Fort Royal wurden die Kathe-
, sieben Kirchen, 1400 Häuser umgestürzt, und unter den
en des Hospitals 1600 Kranke begraben, von denen nur
ge sich retteten. In Domenica wurden fast alle am Ufer
nde Häuser fortgerissen, die königliche Bäckerei, die Ma-
e und ein Theil der Kasernen zerstört. In St. Eustach
hellte der Sturm 7 Schiffe am Felsen von North-Point,
von 19 Schiffen, die er von ihren Ankern losgerissen ins
trieb, kehrte nur ein einziges zurück. In St. Lucia, wo
Menschen den Tod fanden, wurden die festesten Gebäude
n ihren Fundamenten zerstört, Kanonen mehr als 100
weit fortgeschoben, Menschen und Thiere vom Boden
hoben und mehrere Schritte weit fortgeschleudert. Die
chwoll so hoch an, daſs sie das Fort zerstörte und ein
am Seehospital zerschellte. Sogar die Corallendecke des
odens ward zerrissen und Stücke davon so in die Höhe
fen, daſs sie später über dem Wasser sichtbar waren.
500 Häusern zu Kingstown auf St. Vincent blieben nur
hen, und Sir George Rodney sagt in seinem amtlichen
te: „nur meine eigene Anschauung hat mich von der
lichkeit überzeugen können, daſs der Wind eine so gänz-
Zerstörung einer so blühenden Insel, als Barbados, her-
bringen vermag.“ Auf den Leeward-Inseln zog sich
amilie des Gouverneurs, als der Sturm heftiger wurde, in
litte des Hauses zurück, welches wegen seiner drei Fuſs
Mauern hinlänglichen Schutz versprach, dennoch aber
der Wind durch, man floh in den Keller, aber hier stieg
Vasser vier Fuſs hoch, man rettete sich nach der Batterie,
uchte unter den Kanonen Schutz, aber einige Zwölfpfün-
urden 420 Fuſs weit fortgetrieben. Als der Tag anbrach,
die Gegend einer Winterlandschaft, kein Blatt, kein Ast
n den Bäumen zu sehn.

102) Wenn gleich nicht alle Tornados der westindischen
n nach ihrer Umbiegung so weit fortrücken, daſs sie dann
r in den nordamericanischen Provinzen toben, so ist dieses
bei vielen der Fall. Die hier sich zeigenden Hurricans
zwar minder heftig, aber doch unglaublich zerstörend und
hlreich, daſs man mit Wahrscheinlichkeit alle Jahre einen
einige zu erwarten hat. Da sie in ihren Wirkungen ein-
ähnlich sind, so genügt es, einige derselben aus den

Digitized by Google

letzten Jahren namhaft zu machen. Einen solchen, welcher 25sten Juli 1838 einen Theil des Districts Allegany verheer beschreibt W. Gaylord[1]. Der Tag war heiſs und die L schwül, die Windrichtung von W. gen N. nach S. ge Anfangs zeigte er sich in Rushford als bloſser Gewitterst nahm aber bald an Heftigkeit sehr zu, und riſs alles mit ſort, was ihm im Wege stand. Einige Districte auf sein Zuge traf er weniger, andere dagegen so stark, daſs g Waldungen gänzlich zerstört wurden, wobei er sprung sich bald zu erheben, bald gegen die Erde zu stürzen In der Stadt Belfast ging er über den Fluſs Genesee Breite von 1 bis 1,5 engl. Meilen, indem er in seiner einer Breite von ungefähr 0,75 Meilen die stärksten buchstäblich abbrach und die Häuser gänzlich zerstörte, Seiten aber letztere bloſs abdeckte. An einigen Stellen die Bäume in einer Höhe von 20 bis 30 Fuſs abgebrochen andern mit der Wurzel ausgerissen, und dieses schien eine wirbelnde Bewegung geschehn zu seyn. Manche G stände wurden vom Wirbelwinde in die Höhe gehoben, denn unter andern ein Mann und seine Pferde nebst dem gen aufgehoben und nach verschiedenen Richtungen schleudert waren. Am 31sten Juli 1839 beobachtete Ol einen Tornado zu New-Haven, und untersuchte nachher durch ihn angerichteten Verheerungen genauer. Der T gleichfalls schwül, und es schien ein Gewitter zu nahen, ches sich in W. bildete, während der Wind aus SO. dann nach S. herumlief, und demnächst mit Heftigkeit tobte, begleitet von einem starken Getöse in der Luft. O betrachtete selbst die von ihm verursachten Zerstörungen, verglich die Nachrichten mehrerer Augenzeugen. Alle B auf seinem Zuge waren abgebrochen oder ausgerissen, die H ser und Scheunen umgestürzt oder abgedeckt, und die Fr auf den Feldern niedergedrückt. Die Länge der verhee Strecke betrug übrigens nur 4 engl. Meilen, und die B etwa 60 Faden. Die Augenzeugen beschrieben den Stur eine weiſse Schneewolke mit innerer Bewegung, die sich

1 Silliman Amer. Journ. T. XXXVII. p. 91. Vergl. T. XXV p. 71. Den Sturm im Sept. 1821 beschreibt Hubbard in Silliman's Am Journ. T. XXXV. p. 233.

2 Ebendaselbst. S. 340.

Digitized by Google

ügel herabkommend in die Ebene stürzte; die umgewor- Bäume an den Seiten lagen nach der Mitte hin gerichtet, der Mitte selbst nach der Richtung des Sturms, und ıach dieser Mitte hin lagen die Bruchstücke der zerstör- äuser; nur selten waren einige Gegenstände nach allen hin zerstreut. Als Einzelnheiten werden erwähnt, daſs ır ihrer Federn beraubt waren; ein Schoppen wurde zer- und ein darin stehender Wagen weit fortgeschleudert, schien dieser und die fortgetragenen Bäume mit Heftigkeit die Erde gestoſsen worden zu seyn. Die Beine der Tische ie Flügel der Thüren lagen nach verschiedenen Seiten worfen, in einem einzigen Falle aber schienen die Wände Scheune sämmtlich nach auſsen gedrückt zu seyn. Der eibung nach war dieses Meteor entweder eine Landtrombe renzte wenigstens sehr nahe daran[1].

)3) Im Allgemeinen kannte man diese Orkane, nament- er südlichen nordamericanischen Staaten, schon lange, die n, tiefer eindringenden Untersuchungen haben jedoch Ursprung, ihr Fortschreiten und die eigentliche Beschaf- derselben genauer kennen gelehrt. Nach den Erfahrun- welche Dunbar[2] während seines mehrjährigen Aufent- u La Forèt am Mississippi in der Nähe von Neuorleans , kommen dort kurzdauernde heftige Windstöſse zu al- ıreszeiten vor, mit Ausnahme der Monate Mai und Octo- lie die angenehmsten im ganzen Jahre sind, und wehn n Richtungen des Compasses. Kurz dauernde, kaum ei- linuten anhaltende Windstöſse mit Regen, die sogenann- s, kommen in allen Jahrszeiten, meistens aus NNO., ɔer dennoch nicht selten so heftig, daſs sie Bäume aus- , Häuser umstürzen und die Früchte durch die Lüfte ren. Dunbar erlebte in den Jahren 1799 und 1800 zwei

Sonstige Beschreibungen dieser heftigen Orkane in den nord- nischen Staaten haben unter andern Audubon in Edinb. New ɔurn. N. XXIV. p. 278 mitgetheilt.

Transact. of the Amer. Soc. of Philad. T. VI. p. 1. Biblioth. 308. Juin. G. XXXI. 430.

Die sämmtlichen, auf der Charte gezeichneten Stürme fallen in gust und September; der von 1780 im October gelangte nicht den nordamericanischen Küsten.

Digitized by Google

heftige Orkane, beide im Monat August. Der erste, wäh dessen er sich zu Neuorleans befand, beraubte mehr als Hälfte der Häuser dieser Stadt ihrer Dächer, und stürzte ei sogar um; der um diese Zeit in der Regel sehr niedrige M sissippi wurde aus seinen Ufern getrieben, und seine Flu führten den Rest der Ernte fort, der noch nicht eingesam war. In einer Ausdehnung von einigen französischen M ober- und unterhalb der Stadt hatten die Wälder ein wi liches Ansehn wegen des abgerissenen Laubes; auf ei Strecken waren die Bäume sämmtlich umgeworfen, u abgeschlagenen Zweige machten die Wege ungangbar. Orkan, welcher übrigens keineswegs zu den heftigsten Gegenden gehörte, blies drei Stunden aus O. oder SO., trat eine völlige Windstille ein, die einen furchtbaren druck machte, weil es schien, als wolle die Natur wied ihr Chaos zurückkehren; auch empfand man während d ben eine Abspannung und Erschlaffung, wie sie der Sim erzeugen pflegt. Sie dauerte etwa 5 bis 6 Minuten, der Orkan gerade aus der entgegengesetzten Richtung, m gleicher oder noch gröſserer Heftigkeit, hereinbrach. die auf dem Strome schwammen, und vorher mit groſse tigkeit aufwärts getrieben waren, kehrten jetzt mit ers cher Geschwindigkeit zurück. Man sah Schiffe, die Trockne getrieben, andere, die am Ufer zertrümmert waren, ein ins Meer gejagtes bewaffnetes americanisches Schiff ka wieder zum Vorschein.

104) Wie überhaupt in der tropischen Zone, sind an der Sierra-Leone-Küste die heftigen, in der Reg kurze Zeit dauernden Stürme Begleiter der periodischen R namentlich beim Anfange und Ende derselben[1]. Es e dann am östlichen Horizonte eine kleine Wolke, die sich ter zunehmend stärkerem Blitzen und Donnern allmälig gröſsert, bis sie den ganzen Himmel, etwa mit Ausnahme nes kleinen Streifes im Westen, in tiefes Dunkel einhüllt. terdeſs herrscht völlige Windstille, oder es wehen nur seh linde, meistens Wirbelwinde, bis plötzlich der Orkan

1 Winterbottom Nachrichten von der Sierra-Leone-Küste S. Golberry Fragmens T. II. p. 486.

ꝛerender Wuth losbricht. Nach dem Berichte des Dr. .ɛ[1] machen zwei oder drei Tornados an der Westküste a's, hauptsächlich zu Sierra Leone, wo sie am heftigsten , den Uebergang von der nassen zur angenehmen trocknen szeit, weswegen man sich dort danach sehnt. Das Ei- ümliche dieser Stürme besteht in der Bildung einer dün- Wolke, die sich bis zum östlichen Horizonte herabsenkt, af dann eine ängstliche, beklemmende Stille folgt, die bald durch die heftigsten Blitze aus den unterdeſs ent- nen und vom Horizonte aufsteigenden, schwarzen Wol- nit ununterbrochenem Donner ausfahren. Der alsdann de Sturm wirft Häuser und Bäume um, am nachtheilig- aber ist die Fluth, welche von den höheren Gegenden lieſst, und durch den Regen entsteht, der nicht tropfen- , sondern als herabgeschüttetes Wasser aus den Wolken Auffallend sind die verheerenden Wirkungen der Blitze, desmal mehrere Bäume und Häuser treffen, sie bedeutend idigen und nicht selten gänzlich zerstören, wobei zuweilen immtlichen Bewohner der letzteren erschlagen werden. er See verliert die Oberfläche des Wassers unmittelbar em Ausbruche des Sturmes ihre Glätte, und wird mit weiſsen Schaume bedeckt, worauf dann die Wellen sich rmen und alles zu verheeren drohen; doch sind sie min- fährlich wegen ihrer kurzen Dauer, und weil die Schif- h darauf vorbereiten können. Sind sie ohne Regen, in m Falle sie am heftigsten toben, so nennt man sie *Tornados*. Eschwege[2] beschreibt die Gewitterstürme, einen solchen, noch obendrein während der Nacht, in rwäldern Brasiliens erlebte, als höchst furchtbar, und ihr so Schrecken erregend, daſs die Angst, womit sie er- diejenige weit übertrifft, die man auf dem Meere em- , weil man sich an das Toben des Orkans und das n der Wogen in einem wasserdichten und gehörig vor- ten Schiffe auf offener See bald gewöhnt, und sich in jüte ruhig schaukeln läſst.

05) In Abyssinien ist, wie überhaupt in der tropischen

Medical topography of the western coast of Africa. In Edin- New philos. Journ. N. XXV. p. 178.

Brasilien, die neue Welt. Th. II. S. 19.

Digitized by Google

Zone, die Regenzeit mit Stürmen verbunden, die häufi
heftig sind und in wahre Orkane übergehn, indem die tr
Regenzeit eigentlich nichts anderes ist, als ein drei bi
Monate dauerndes Aufeinanderfolgen häufiger Gewitte
Süden. Nach Russegger[1] beginnt diese unter dem A
bereits im Mai und ist fast mit täglichen Gewittern ver
unter 12° bis 14° N. B. ist sie durch Zwischenräume
bis 14 Tagen heiteren Wetters unterbrochen, unter den
Grade beginnt sie erst im Juni und unter dem 18ten
N. B. kann man die Grenze der tropischen Regen an
obgleich auch dort starke Gewitter, hauptsächlich aus S
SW., nicht selten vorkommen, noch weiter nördlich a
fast gar nicht. Ein solches Gewitter, welches die Arab
buba nennen, erlebte Russegger auf seiner Rückke
Kordofan nach Sennaar. Die Stürme dabei gleichen völli
dem wirbelnden Chamsin, sind indeſs nicht heiſs. I
witter erhob sich um 2 Uhr Nachmittags nach dri
Hitze; dicke, schwarz, grau und roth gefärbte, dem
einer brennenden Stadt gleichende Wolkenmassen, wäl
auf dem Boden hin, überschritten den Bacher-Abierd,
Wasser hoch aufgethürmt wurde, während der Sturm l
die Thiere heulten und der Regen in Strömen herabſ
dem Regen führt der Wirbelwind eine solche Menge S
Staub mit sich, daſs man es unmöglich im Freien a
kann. Bei einem zweiten Sturme, den Russegger zu
in Kordofan erlebte, war die Wärme vorher 41°,22,
10° C., in beiden Fällen war die Elektricität so sta
aus dem von der Wetterstange in das Zelt herabgehende
Funken ausbrachen; nach dem Regen ging sie aber auf

106) Auch das Vorgebirge der guten Hoffnung ist
seiner häufigen und mitunter heftigen Stürme bekannt.
bell[2] erzählt von Winden, die an der Grenze der Cap-
nur eine Minute lang von NO. wehen, und auf d
völlige Windstille folgt, die dabei aber so heftig sind,
fast die Wagen umwerfen. Ihr Wechsel erfolgt meisten
halb 10 Minuten. Ungleich heftiger aber sind die Wi
vom Meere her die Capstadt treffen, von denen Labilla

1 Baumgartner u. v. Holger Zeitschr. Th. V. S. 262.
2 Reisen in Africa. Weim. 1823. S. 17.

Digitized by Google

andere erzählen. Sie haben eine solche Gewalt, daſs sie bloſs den Schiffen im Hafen gefährlich werden, sondern kleine Steinchen von etwa 4 Lin. Durchmesser mit groſser lt in Mannshöhe vor sich her treiben, wodurch die Men- gezwungen werden, in den Häusern Schutz zu suchen. TENSTEIN[1] erlebte während seines Aufenthalts auf dem Cap heftigen Sturm, welcher groſse alte Eichen vor einem der Colonie aller ihrer Blätter, so wie auch der ge- sten, stärksten Aeste beraubte. Zugleich fiel ein so star- legen, daſs der Fluſs zu einer beispiellosen Höhe an- oll. Alle in der Tafelbai liegende Schiffe wurden von Ankern gerissen, und die meisten derselben, auch die e französische Fregatte Atalante, scheiterten am Strande. n wüthendsten Stürmen aber gehören diejenigen, welche r Ostküste von Südafrica toben und auf jeden Fall den dischen an Stärke nicht nachstehn. Vor allen andern ist sel Mauritius oder Isle de France ihnen ausgesetzt[2], weit als die Inseln Bourbon, Rodriguez und andere nahe unter Aequator liegende. Sie wehen daselbst zur Regenzeit, die December bis April dauert, und dann sind selbst die im zu Port Louis vor mehreren Ankern liegenden Schiffe sicher. Man sieht den Sturm nicht allezeit voraus, doch t er sich durch bedeutendes Anschwellen der See beim , durch Geschrei und unruhiges Verhalten der Seevögel, dichte, oft kupferfarbige, Wolken auf den Bergen, durch h wechselnde Windstillen und eine schwer zu beschrei- Unruhe am Horizonte an; vor allem giebt das Barometer Zeichen, indem es schnell und stark sinkt. Der Sturm t mit Stöſsen, die regellos mit gänzlicher Windstille ln, heftiger und häufiger werden, bis das Toben der d Heulen des Windes den höchsten Grad erreicht, der zen Pausen unterbrochene Sturm aber durch die ganze ose läuft und nach etwa zwanzig Stunden ein schreck- Regen das Ende macht. Schiffe können durch Anker ane nicht widerstehn, denn der Sturm zerreiſst auch die n und zerbricht die Masten wie Reiser. Auf der Insel

Dessen Reisen. Th. II. S. 587.

JAMES PRIOR Beschreibung einer Reise in das indische Meer. 1819. S. 90.

ld.

selbst sind die Verheerungen gleich stark, als an den Küst
indem Häuser und Pflanzungen gewaltsam weggerissen werd
Einst hielt sich ein Mann lange Zeit an einem Baumstam
als er diesen aber verlassen hatte und weiter zu kommen hoff
wurde er 200 Schritt weit fortgetrieben, und hatte Mühe, si
niederzuwerfen, um nicht in einem etwas entfernteren Fl
umzukommen. Auf einem 1200 Fuſs hohen Berge unweit d
Stadt war ein Haus mit einem Signalposten, welches in ein
solchen Sturme verschwand, ohne daſs von Menschen u
Sachen eine Spur zurückblieb, weil es ohne Zweifel ins M
geschleudert war. Die Verheerungen des Sturmes ver
die des Regens, doch hat man jetzt alle mögliche Vorkehrung
getroffen, um diese Wirkungen zu mildern, und sowohl
Schiffe im Hafen, als auch die Bewohner der Insel zu
zu sichern.

Nach den genauen Erkundigungen, welche Freycin
über die Stürme auf dieser Insel angestellt hat, ereignen
sich fast alle Jahre, aber nur während der Dauer der grö
Hitze in den Monaten December bis März, toben aber
allezeit mit gleicher Gewalt. Die verheerendsten waren i
Jahren 1760, 1761, 1766, 1772, 1773, 1786, 1789,
1824, und unter diesen der vorletzte einer der stärkst
um so gröſseren Schaden anrichtend, je unerwarteter e
brach. Das Barometer fiel von 7 Uhr Morgens am 28.
bis um 6 Uhr 5 Min. am Morgen des folgenden Tages
759,06 bis 715,27 Millimeter, und die Dunkelheit der
vermehrte die Schrecknisse der Katastrophe. Vierzig vor
liegende Schiffe wurden losgerissen und scheiterten an der
oder wurden stark beschädigt, und zum Glück traf der
während seiner gröſsten Heftigkeit den Hafen nicht, denn
wären alle dortige Schiffe mit ihrer ganzen Mannschaft
gegangen. Auf der Insel selbst kamen viele Menschen,
freie als Sklaven um, und die Ernten wurden gänzlich
stört. Von dem Schauspielhause zu Port-Louis, wel
Gestalt eines T gebaut war, wurde der hintere Theil, w
das Ende oder den Fuſs des T bildete, 53 Fuſs breit
82 Fuſs lang, beinahe 5 Fuſs weit von seinem Fundam
fortgeschoben. Auf der Batterie, welche nahe am groſsen H

---

1 Voyage autour du Monde. Par. 1828. 4. T. I. p. 369.

, wurden zwei Kanonen von schwerem Caliber, auf See-
ten montirt, ganz in die entgegengesetzte Richtung herum-
ehet, als sie gehabt hatten. Ein stark gebauetes massives
, nur ein Stockwerk hoch, welches allen Stürmen seit
widerstanden hatte, wurde durch diesen Sturm eingestürzt
die Mitglieder der darin wohnenden Familie kamen um
wurden schrecklich verstümmelt.

107) An diese Classe von Winden schlieſsen sich die
hons, die auf den Meeren von China und Japan und an
Küsten dieser Länder wüthen. Der Name findet sich bei
Griechen, welche eine von den Aegyptiern entlehnte Fabel
einem ungeheuren Riesen (*Τυφὼν*) hatten, und diese auf
verwüstenden Wirbelwind übertrugen. Nach dem, was
nus[1] darüber sagt, verstand man hierunter anfangs die
tersäulen; gegenwärtig bezeichnet man damit die in den
nnten Meeren tobenden Orkane, bei denen die Drehung in
n Kreise, und zwar anscheinend in einem engeren, als auf
westindischen Inseln, wie auch das Eintreten gänzlicher
dstille und einer, hierauf folgenden, gerade entgegengesetzten
tung vorzugsweise auffallend hervortritt. Einen Sturm
r Art erlitt Krusenstern[2], am 1. Oct. 1804, wobei das
f Gefahr lief umzuschlagen, und nach der Umkehrung der
tung eine Welle die Planken der Cajüte zerschlug. Langs-
rf[3] bemerkt, daſs während der Dauer desselben von 1 Uhr
gs bis zum andern Morgen das Barometer von 29,4 Zoll
bis mindestens 27,6 Z. herabsank, ohne daſs eine genauere
mmung möglich war, weil die Quecksilbersäule bis unter
Skale herabging. Aus dieser Ursache empfiehlt Krusen-
r[4] den Seefahrern dringend den Gebrauch des Marine-
eters sowohl überhaupt, als auch insbesondere in den ge-
ten Meeren, weil sie sowohl allgemein die Stürme, vor-
weise aber die Typhons und deren Stärke genau und sicher
r verkündigen[5].

Hist. Nat. L. XX. C. 48.

Dessen Reise. Th. I. S. 254. Vergl. Beiträge zur Hydrographie
röſseren Oceane. Leipz. 1819. 4. S. 12. Starkes Fallen des Baro-
s ist dort ein sicheres Zeichen des bevorstehenden Sturmes.

Voigt's Magazin. Th. XI. S. 301.

Beiträge u. s. w. a. a. O.

Ausführliche Beschreibungen dieser Stürme findet man in Capper
rations on the Winds and Monsoons. Lond. 1801. p. 42, und in

Digitized by Google

Fernerweitige Beschreibungen dieser Typhons, die im Ga zen nur das Nämliche enthalten können, dürften von geringe Interesse seyn, als die Nachweisung ihrer eigenthümlichen B schaffenheit, die Redfield[1] von ihnen durch Zusammenstell der Nachrichten aus den Journalen der Schiffe, welche s gleichzeitig an verschiedenen Orten in und neben densel befanden, gegeben hat. Vorzugsweise genaue Angaben e halten die Papiere des Schiffes Raleigh, welches im Anfa des Monats August 1835 von Macao absegelnd sich am 4. u 5. dieses Monats mitten in dem Orkane befand. Genüge Anschauung gewährt in kürzester Zeit die Zeichnung der bei Fig. 204. Charte, wonach die Mitte des Sturmes in der Linie CBA, etwa N. 72° W., fortschritt, dessen Drehung durch die Pf so wie die muthmaſsliche nördliche und südliche Grenze n dem Laufe der Schiffe Raleigh und Lady Hayes durch pun Linien angegeben sind. Hieraus ergiebt sich zugleich, da geradlinige Fortschreitung dieser Orkane nicht so bedeuten um die heftigen Wirkungen derselben hieraus zu erklären. Beweise seiner bekannten Hypothese, daſs die Stürme de lichen Halbkugel mit umgekehrten Verhältnissen den nas Charakter, als die der nördlichen haben, giebt Red eine Beschreibung aus den Papieren des americanischen Sc Panama von dem Hurricane, welchen dieses auf seiner von Canton nach New-York am 25. und 26. Jan. 183 20° 14′ S. B. und 80° 36′ östl. L. von Greenwich, bis 14′ S. B. und 76° 47′ östl. L. erlitt.

108) Nach der Angabe Peron's[2] sind auch auf Neuh die Stürme sehr heftig und haben gleichfalls das Eigenthüml daſs während ihrer Dauer der Wind aus allen Gegenden Horizontes bläst. Die von ihm beschriebenen waren eigentliche Gewitterstürme, von Platzregen und Hagelsch begleitet; ihre genauere Beschreibung bietet daher kein spec Interesse dar.

Horsburgh India Directory. T. II. p. 233. Sie heiſsen in Ch *Foongs*, groſse Winde, und es ist fraglich, ob dieser urspr Name nicht zu den Aegyptiern und von da zu den Griechen, o letzteren direct gelangt ist, und zur Fabel vom Riesen Typhon lassung gegeben hat.

1 Silliman Amer. Journ. T. XXXV. p. 210 ff.

2 Dessen Reisen. Th. I. S. 347.

109) Ueberblicken wir die hier mitgetheilten Angaben, so ngen wir zu dem Resultate, daſs die Winde wohl überall gleich groſse Geschwindigkeit erlangen können. Dieses int mir namentlich aus einer Vergleichung der an der Küste wegens und der in den südrussischen Steppen tobenden zu n, wenn wir sie mit den westindischen Tornados und den ndischen Typhons vergleichen; denn wenn auch die letzteren eerender sind, so muſs man berücksichtigen, daſs nament- die Berge und die Unebenheiten des Bodens die Ge- indigkeit der Luftbewegung bedeutend vermindern, wes- en diese auf ausgedehnten Continenten und im Innern ge- iger Inseln weit geringer seyn muſs, als wo sich der- hen Hindernisse nicht finden. Dagegen sind sie unter igern Breiten wohl ohne Zweifel weit häufiger, als unter ren, weil dort die Vereinigung der sehr erhitzten Luft- en mit herzuströmenden kälteren leichter Veranlassung ihres tehens giebt, etwa mit Ausnahme der norwegischen Küsten, lie Nähe des unverhältniſsmäſsig warmen Meeres auf ähn- Weise wirkt. Einen wesentlichen Unterschied scheinen die Orkane der tropischen Zone, verglichen mit denen höheren Breiten, darzubieten, indem bei ersteren die el in weit engere Grenzen eingeschlossen sind. Nament- ist dieses der Fall bei denen im Meere von Japan; bei aber geht dieses daraus hervor, daſs in der Regel die tung des Windes nach eingetretener gänzlicher Ruhe in erade entgegengesetzte übergeht, was eine Folge davon ist, zuerst die eine Seite des Wirbels, dann das Centrum und uf die andere Seite über dem nämlichen Orte hinzieht. Erscheinung kommt unter höheren Breiten gar nicht, oder estens sehr selten vor, theils weil die Wirbel einen weit eren Durchmesser haben, theils weil ihr Centrum ungleich amer fortschreitet. Hieraus wird wahrscheinlich, daſs die en Stürme unter mittleren Breiten ihren Ursprung in der torischen Zone haben, wobei aber nicht folgt, daſs sie dort zeit erst verheerend wirken, bevor sie unter höheren Brei- nkommen, vielmehr können sie sich erheben, in den oberen nen fortpflanzen und erst später wieder herabsinken. Den llendsten Beweis hierfür liefert das Verhalten des Föhns, ntlich am 18. Juli 1841, ferner das Vorausgehn der un- hnlichen Wärme und Schwüle vor heftigen Stürmen unter

Digitized by Google

höheren Breiten und das bereits erwähnte Brausen, welche man vorzüglich im Frühlinge in den höheren Luftregionen d… zu hören pflegt, wenn Thauwetter mit heftigen Winden e… treten will.

110) Versuchen wir die hier erzählten unglaublich… Wirkungen der Orkane zu erklären, so wird sich alsobald … Frage aufdringen, welche Geschwindigkeit eine so dünne Flü… sigkeit, als die Luft ist, haben müsse, um eine solche … unbegreifliche mechanische Gewalt auszuüben. Die Aufg… das *Verhältniſs zwischen der Geschwindigkeit des W… und der hierdurch erzeugten Kraft* aufzufinden, hat … bloſs wissenschaftliches, sondern in Beziehung namentlich a… Leistungen der Windmühlen zugleich ein technisches Inter… und ist daher von vielen Geometern behandelt worden, d… wesentliche Ansichten wir hier kurz zusammenstellen welle…

Zuerst stellte Newton[1] den nachher im Allgemeinen b… behaltenen Satz auf, daſs die Kraft der bewegten Luft … Quadrate der Geschwindigkeit proportional sey. Dieses fol… derselbe aus der Theorie und fand es bestätigt durch die … fahrung bei den Versuchen, die er absichtlich für diesen Z… anstellte[2]. Man glaubte hierbei annehmen zu dürfen, daſs … einerlei sey, ob die Luft sich gegen einen festen Körper, o… letzterer sich gegen erstere bewegt, und das Problem k… also auf den *Stoſs der Körper* zurück, dessen Stärke … elastischen dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional … Diesem Theorem liegt die Betrachtung zum Grunde, daſs … n facher Geschwindigkeit n mal mehr Theile, jedes mit n… Geschwindigkeit gegen eine gegebene Fläche stöſst, und d… die Kraft dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional … muſs[3]. Werden bloſs diejenigen Untersuchungen berücks… die sich auf den Windstoſs allein beziehen, mit Aussch… derer, die vom Widerstande elastischer Medien überhaupt h… deln, so gehört Bouguer[4] zu den ersten, welche die S… des Windstoſses nach der genannten Hypothese bestim… auch verfertigte er eine Tabelle, worin die Geschwindigk… des Windes mit der dazu gehörigen Kraft in Pfunden …

1 Philos. nat. Princ. math. Lib. II.
2 Vergl. Art. *Widerstand.*
3 Vergl. A. L. Crelle Theorie d. Windstoſses. Berl. 1802. 4…
4 Manoeuvre des Vaissaux. In Mém. de l'Acad. de Par. 175…

Digitized by Google

mengestellt sind. Diesem folgte Musschenbroek[1], legte
r keineswegs hinlänglich sichere Thatsachen zum Grunde.
sagt: aus einem gleich groſsen Gefäſse flieſst durch die
liche Oeffnung die Luft 24mal schneller ab, als Wasser.
ses folgt daraus, weil das spec. Gewicht der Luft sich zu
des Wassers wie 1 zu 606 verhält. Ist daher die Ge-
windigkeit des Wassers $= 1$ und die der Luft $= x$, so
s sich die bewegende Kraft beider wie das Quadrat der
chwindigkeit in die Masse verhalten, welches das Verhältniſs
$\times 606$ zu $x^2 \times 1$ giebt, und also $x = \sqrt{606} = 24{,}61\ldots$,
che Gröſse nach der Dichtigkeit der Luft verschieden ist.
n dieses folgt aus dem oben angeführten Satze, daſs der
s von 1 Luft in 1 Zeit $= 1^2$, wenn aber 2 Luft mit 2 Ge-
windigkeit stoſsen, $= 2^2 = 4$ ist. Wenn also die Luft
Fuſs in 1 Sec. zurücklegt, so ist ihre Kraft derjenigen
ch, welche das Wasser durch die Geschwindigkeit von
uſs in der nämlichen Zeit erlangt. Es ist dann ferner die
t des Wassers bei 1 Fuſs Geschwindigkeit in 1 Sec. dem
e eines Wasserprisma von der Basis der gestoſsenen Fläche
der Höhe gleich, von welcher ein Körper herabfallen muſs,
1 Fuſs Geschwindigkeit in 1 Sec. zu erlangen. Ein Kör-
fällt in 1 Sec. 15 Fuſs und erlangt dadurch eine mittlere
hwindigkeit, womit er 30 Fuſs in derselben Zeit durchlaufen
le[2], die Fallgeschwindigkeiten verhalten sich aber wie die
dratwurzeln der Höhen, und wir erhalten also die Propor-
$30 : \sqrt{15} = 1 : \sqrt{x}$, woraus $900 \times 15 = 1 \times x$ und $x = \frac{1}{60}$.
Gewicht eines Kubikfuſs Wassers beträgt 63 Pfund, und
Kraft wird also bei 1 Fuſs Fallgeschwindigkeit in 1 Se-
e $= \frac{63}{60} = 1\frac{1}{20}$ Pfund betragen, mithin ebenso viel die Ge-
des Windes gegen einen Quadratfuſs Fläche, wenn er sich
24 Fuſs Geschwindigkeit bewegt. Wäre also die Ge-
windigkeit des Windes $= 30$ Fuſs, so würde seine Kraft
nicht 2 Pfund, bei 66 Fuſs nahe 7,6, bei 123 Fuſs da-
n nahe 27,6 Pfund betragen.

Musschenbroek's weitere Berechnungen, worin er diese
ſsen benutzt, um den Druck zu finden, welchen der Wind
en Bäume und Thürme ausübt, indem er die Kraft gegen

1 Introd. in Philos. nat. T. II. §. 2620.
2 Vergl. Art. *Fall*. Bd. IV. S. 4.

Digitized by Google

1 Quadratfuſs Fläche allgemein zu 27 Pfund annimmt, hab kein weiteres Interesse, und es verdient nur noch bemerkt werden, daſs nach seiner Angabe Bouguer's Tafeln die K des Windes für alle Geschwindigkeiten etwas geringer geb als sie nach diesen Sätzen des La Hire seyn müſste.

111) In Deutschland galt lange Zeit die Theorie, wel übereinstimmend mit den eben angegebenen Sätzen durch K sten[1] aufgestellt wurde, wonach die Gewalt des Windes Stoſse eines Flüssigkeitsprisma von der gegebenen Basis, Dichte der Luft und dem Quadrate der Geschwindigkeit p portional ist. In Beziehung auf die Geschwindigkeit nahm an, daſs diese durch die Fallhöhe gegeben werde, so wie den Stoſs des Wassers aus der Höhe der bewegten Wasser bestimmt. Hierauf beruhet die einfache Darstellung dieses blems durch Gehler[2], wonach für eine Fläche = a, eine = h und die Dichtigkeit der Luft gegen Wasser = n der k = a h n angenommen wird. Es soll die Kraft des St einer Flüssigkeit ihrem Widerstande gleich seyn, doch nicht unbemerkt bleiben, daſs man zwar im Ganzen Widerstand R = k gesetzt) R = a h n annehme, daſs andern aber R = 2 n a h oder im Allgemeinen = 2λ n a h nommen werde, wobei der Werth von λ aus Versuchen bestimmen sey. Letzteres bezieht sich auf den bekannten S ob die Kraft einer herabfallenden Wassersäule dem Gew ihrer einfachen oder doppelten Höhe proportional zu setzen Zur Bestimmung des Werthes von h diente der Druck atmosphärischen Luft oder das Gewicht einer Luftsäule überall gleicher Dichtigkeit, die als Aequivalent der g Atmosphäre dienen könnte. Unterdeſs wurden Woltma Versuche bekannt, die einen durch die Erfahrung geg sicheren Anhaltpunct für die erforderliche Gröſsenbestim darzubieten schienen. Langsdorff[4] theilt folgende Res als die genauesten mit, wenn v die Geschwindigkeit, K beobachteten Stoſs gegen 1 Quadratfuſs Fläche, k den auf 1

---

1 Lehrbegriff d. gesammten Math. Th. VI, Greifsw. 1771. Abs

2 A. A. Bd. IV. S. 763.

3 Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels u. Hamb. 1790. 4. S. 50.

4 Lehrbuch der Hydraulik mit beständiger Rücksicht auf die Erfahrung. Altenb. 1794. 4.

Digitized by Google

windigkeit reducirten Stoſs in Lothen und Hamburger
›ezeichnen.

v	K	k	v	K	k
10	4,00	0,0400	28	27,23	0,0347
12	5,33	0,0370	29	29,25	0,0348
20	16,11	0,0403	30	31,41	0,0349
21	16,73	0,0379	31	32,37	0,0337
24	20,72	0,0360	33	37,38	0,0343
25	21,39	0,0342	35	42,30	0,0343
26	23,15	0,0342			

ch beträgt der Stoſs des Windes von 1 Fuſs Geschwin- in 1 Secunde gegen 1 Quadratfuſs Oberfläche im Mittel *Loth.* Wird diese durch directe Erfahrung gefundene mit der mehr theoretisch zu bestimmenden verglichen, die durch die Fallhöhe zu erreichende Kraft der Luft

. Woltmann wandte Hamburger Maſs an, und hiernach

= 34,22 Fuſs, mithin erhält man für eine Fläche a = 1 tfuſs und das Gewicht eines Kubikfuſs Luft = p den ck $\frac{v^2}{68,44}$ a p. Beträgt das Gewicht eines Kubikfuſs Was- ‚5 Pfund, und ist das Verhältniſs des Gewichts des s gegen Luft = n, so erhält man

$$k = \frac{v^2}{68,44} a\,n\ 48,5 \text{ Pfund}$$

$$= v^2 a\,n\ 22,7 \text{ Loth.}$$

ichtigkeit der Luft verändert sich mit dem Barometer- allein das Verhältniſs wird für die vorliegende Aufgabe eutend von $\frac{1}{900}$ abweichen, wonach also für v = 1 und ingenommen,

$$= \frac{22,7}{900} = 0,0252\ldots \text{Loth} = 0,0007882 \text{ Pfund}$$

ı würde, statt daſs Woltmann 0,035 Loth = nahe Pfund fand. Langsdorff bemerkt übrigens mit Recht, Kraft des Windstoſses der des Widerstandes bei gleicher indigkeit und für gleiche Flächen nicht durchaus gleich ınn, denn im ersten Falle ist die ganze Flüssigkeitsmasse , im letzteren aber ist sie ruhend.

Digitized by Google

112) Den eben angedeuteten Gang der Untersuchung
hielt man seitdem bei, indem man den Stoſs der Luft
theoretisch bestimmte, wobei vorzüglich nur das Dichtigkeits-
verhältniſs der Luft gegen Wasser einen Unterschied
theils die Gewalt des senkrechten Stoſses durch die Erfahrung
zu ermitteln suchte und beide Werthe mit einander
Bei weitem die meisten dieser Bemühungen, wo nicht alle,
ziehen sich indeſs auf die Auffindung der Kraft,
Wind eine schief gegen ihn gerichtete Fläche zum Aus
bringt, weil hierauf die Construction der Windmühlen
beruhet, welche Aufgabe jedoch dem Art. *Windmühle*
halten bleibt, indem wir uns hier bloſs an den geraden
des Windes halten. Um einige der verschiedenen Darstell
mitzutheilen, mögen folgende hier erwähnt werden. Ist
Crelle[1] die Geschwindigkeit der bewegten Luft $= v$
gestoſsene Fläche ein rheinl. Quadratfuſs, so werden in
cunden m v Kubikfuſs Luft zum Stoſse gelangen. Be
Gewicht eines Kubikfuſs Luft $= p$, so ist das Gew
stoſsenden Masse $= m v p$. Die Schwere erzeugt in je
in m Secunden eine Kraft $= m g$, wenn $g = 31{,}25$ F
zeichnet, und die beschleunigende Kraft des Stoſses

sich also zur Schwere, wie $v : g m$, oder ist $\frac{v}{g m}$, und

nach ist die bewegende Kraft des Stoſses $= \frac{v}{g m} \cdot m v p =$

Heiſst die der Geschwindigkeit v zugehörige Fallhöhe

ist $b = \frac{v^2}{2 g}$, und daher die Kraft des Stoſses $k = 2 b$

wenn für rheinländisches Maſs das Gewicht eines K
Luft $p = 0{,}08242$ Pfund gesetzt wird, so erhält man de
gegen 1 Quadratfuſs Fläche

$$k = a \frac{v^2}{62{,}5} \cdot 0{,}08242 \text{ Pfund, also für } v = 1 \text{ und } a =$$

$$k = 0{,}0013187 \text{ Pfund.}$$

Da aber nach Woltmann's Versuchen $k = \frac{4}{3} a \frac{v^2}{2 g} p$
men werden muſs, so soll man allgemein

$$k = 0{,}0017583\, a\, v^2 \text{ Pfund}$$

---

1 Theorie des Windstoſses. Berl. 1802. 4. S. 5.

Digitized by Google

men. Soll die *theoretische Kraft des Windstoſses* nach ı diesem Werke angenommenen Gröſsen bestimmt werden, die einer Secunde mittlerer Sonnenzeit zugehörige Fall- = 30,36 par. Fuſs, das spec. Gewicht der trocknen gegen Wasser aber, oder n = 0,001299, wofür in run- ıhl 0,0013 genommen werden kann. Hiernach verwandelt ie obige Formel

$$= a\frac{v^2}{2g}.n.p \text{ in } k = \frac{1}{60,36}.70.0,0013 \quad .\;.\;.\;. \quad (I)$$

die Fläche a = 1 = einem pariser Quadratfuſs, v = 1 s Gewicht eines Kubikfuſs Wasser = 70 Pfund genommen Unter diesen Bedingungen ist dann k = 0,0015076 Pfund.

13) Nach J. C. E. Schmidt[3] läſst sich der senkrechte des Windes aus der oben (§. 18) entwickelten Formel wonach für die Barometerhöhen p' und p^0 die Ge- digkeit des Windes

$$u = 1215\sqrt{\frac{p' - p^0}{p'}}$$

ieraus folgt

$$p' - p^0 = \left(\frac{u}{1215}\right)^2 . p',$$

ı ein Wind, welcher sich mit der Geschwindigkeit u be- wenn die Luft das Barometer auf einer Höhe = p′ er- inen Druck hervorbringt, welcher einer Quecksilbersäule — p⁰ das Gleichgewicht zu halten vermag. Nimmt man ıs Gewicht eines Kubikfuſs Quecksilber in par. Maſs Pfund an, und die Barometerhöhe im Mittel zu 28 par. o wird der Druck p′ in Pfunden = 2217 Pfund, und hält den Druck k auf einen par. Quadratfuſs Oberfläche

$$k = 2217\left(\frac{u}{1215}\right)^2 \quad .\;.\;.\;. \quad (II)$$

Für 60 Fuſs Geschwindigkeit giebt dieses 5,5 Pfund, die Formel, hiermit vollkommen übereinstimmend, 5,42736 Pfd.

S. Art. *Schwere*. Bd. VIII. S. 1613, wo aber g = 15,18 Fuſs er älteren Bezeichnung genommen ist, statt daſs man jetzt 36 Fuſs annimmt. Das dortige g ist also nur ½g.

S. Art. *Gewicht*, spec. Bd. IV. S. 1515.

Lehrbuch der physischen und math. Geographie. Gött. 1830.

Digitized by Google

Da die Kraft des Stoſses den Quadraten der Geschwindigk
proportional ist, so würde eine Geschwindigkeit von 120 F
22 Pfund und eine von 180 Fuſs 49,5 Pfund geben. D
Gröſse ist allerdings bedeutend; denn denken wir uns, daſs
Fronte eines zweistöckigen Hauses von etwa 50 Fuſs B
und 25 Fuſs Höhe durch einen Sturm von 180 Fuſs G
schwindigkeit getroffen werde, so würde der dagegen ausg
Druck zu 50 Pfund auf 1 Quadratfuſs gerechnet eine Ge
von 62500 Pfund ausüben; noch leichter übersieht man
daſs die vom Sturme in gerader Richtung getroffenen Fe
schwerlich einen Druck von 22 Pfund auf jeden Quadr
namentlich der Glasscheiben, auszuhalten vermögen, und
daher die Orkane im Innern des Festlandes selten eine G
schwindigkeit von 120 Fuſs erreichen, weil das Eindrü
der Fenster daselbst zu den ungewöhnlichen Erscheinungen
hört; solche Orkane aber, welche Kanonen fortzutreiben v
mögen, müſsten nothwendig für den Augenblick ihrer heft
Stöſse mindestens 180 Fuſs Geschwindigkeit haben, wen
theoretische Bestimmung ihrer Kraft völlig genau wär
zwischen ist einestheils dieses nicht der Fall, andertheil
darf nicht übersehn werden, daſs bei der Berechnung ein ge
Stoſs angenommen worden ist, statt daſs in der Wirklic
eine wirbelnd drehende Bewegung statt findet, welche na
lich die Bäume abzubrechen oder mit der Wurzel auszu
vorzüglich geeignet ist und zugleich die Dachziegel u
sonstigen Gegenständen in die Höhe zu führen strebt.

114) Die wirkliche Kraft des Windes müſste ü
eigentlich geringer seyn, als die theoretisch gefundene,
die Dichtigkeit der Luft beträgt während der Stürme
niemals 0,0013 des Wassers, weil diese Bestimmung für 0° T
peratur, den normalen Barometerstand im Niveau des M
und vollkommen trockne Luft gilt, und wir können daher
lich nach Langsdorff[1] 0,0012375 für 336 Lin. Baromet
und 12°,5 C. Temperatur annehmen, wovon dann für jede L
des Barometerstandes unter 336 Linien $\frac{1}{336}$. 0,0012375 a
ziehn wäre, so daſs für n Linien unter 336 die Dichtigkeit

1 Ausführliches System der Maschinenkunde u. s. w. Heidelb. 1
4 Bd. II. S. 123.

$= 0{,}0012375 \left(1 - \frac{n}{336}\right)$ seyn würde. Es belohnt sich der Mühe nicht, auf den jederzeitigen Barometerstand ie Temperatur bei der Berechnung des Windstoſses Rück-zu nehmen, denn er ist ohnehin in der Wirklichkeit be-d gröſser, als ihn die Berechnung giebt. Die Ursache n liegt in dem Umstande, daſs die Luft, welche eine e Zeit bedarf, um von der gestoſsenen Fläche abzu-, vor denselben aufgestauet und verdichtet wird. Da ledingung mit der Geschwindigkeit des Windes zunimmt, nn die dem Quadrate der Geschwindigkeit proportionale me der Kraft nicht in aller Strenge richtig seyn und paſst ir geringere Geschwindigkeiten. Aus demselben Grunde r auſserdem die Stärke des Stoſses der Gröſse der ge-en Flächen nicht proportional, sondern wächst mit den-in einem noch nicht genau aufgefundenen Verhältnisse. de Borda überzeugte sich bei seinen Versuchen, daſs aft des Windes in einem gröſseren Verhältnisse wachse, geraden der ihm ausgesetzten Flächen, und zu eben Resultate gelangten auch andere, namentlich James s[1]. Letzterer fand durch genaue Versuche mit zwei n, deren eine 17,75, die andere 32 Quadratzoll maſs, Verhältniſs also nahe 5 zu 9 betrug, bei einer Ge-digkeit des Windes von 20 Fuſs in 1 Sec. die Kraft oſses = 1,196 und 2,542 Unzen, welches das Verhält-zu 17, also ein um etwa $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{5}$ gröſseres giebt, als r Flächen. Man kam daher bald zu der Ueberzeugung, e Kraft des Windstoſses durch Versuche gefunden wer-isse.

5) Abstrahiren wir von den zahlreichen Versuchen, wel-m Zwecke hatten, die Gröſse des Widerstandes aufzu-und wobei man von der falschen Voraussetzung aus-daſs der Stoſs der Luft dem Widerstande derselben für Geschwindigkeiten gleich sey, so verdienen hauptsäch-lgende berücksichtigt zu werden, die Christian[2], je-hne Angabe der Quellen, zusammengestellt und zur be-n Uebersicht auf französisches Maſs reducirt hat, von

Philosophical and mathematical Dictionary. T. II. p. 612.

Traité de Mécanique industrielle cet. Par. 1823. T. II. p. 20.

dem sie dann durch Langsdorff[1] aufgenommen und ve wiedergegeben worden sind. Mariotte[2] maſs die Gesc digkeit des Windes durch die von zwei in gemessenen stande von einander stehenden Beobachtern bestimmte Zeit che Flaumfedern bedurften, um diesen Raum zu durch und den Druck, welchen der Wind dann gegen einen perpendiculär entgegengehaltenen Schirm ausübte. Nach L dorff's Reduction fand er den Stoſs des Windes von 1 Geschwindigkeit gegen 0,9948 Par. Quadratfuſs Fläche = ℔., und da der Kubikfuſs Luft zu 0,09 ℔. Cöln. an men ist, so wäre hiernach die Stärke des Stoſses = Kubikfuſs. Hierzu gehört für eine Fläche von 0,9948 dratfuſs der Druck einer Luftsäule von $\frac{4,25}{0,9948}$ = 4, Höhe. Nach der Formel ist aber diese Höhe = $\frac{v^2}{2g}$: = 2,38 Fuſs, und diesemnach gehört für diesen S $\frac{4,27}{2,38}$ = 1,8fache Geschwindigkeitshöhe. De Borda[1] die Kraft des Windes dadurch zu bestimmen, daſs er I gegen die ruhige Luft mit ungleichen Geschwindigkei wegte. Hiernach fand er die Kraft des Stoſses der Gr Flächen nicht genau proportional, er giebt aber im Mi daſs für eine Fläche von 9 Zoll Quadrat bei einer Ges digkeit von 10,66 in 1 Sec. der Stoſs 0,1547 ℔. Wird dann das Gewicht eines Par. Kubikfuſs Wasser = und das spec. Gewicht der Luft = $\frac{1}{800}$ angenommen, s die Formel k = 0,0932, und somit verhält sich die tisch gefundene Kraft zu der aus diesen Versuchen erh wie 1 : 1,66. Nach der oben (§. 95) mitgetheilten Tabel Rouse[4] die der Geschwindigkeiten des Windes von 1 146,7 Fuſs in 1 Sec. zugehörigen Kräfte an, wobei

1 Ausführliches System der Maschinenkunde. Heidelb. Th. II. S. 123.

2 Oeuvres. Leide 1717. 4. T. II. p. 406.

3 Mémoires de Paris. 1763. p. 365.

4 Nach Smeaton in Philos. Trans. 1759. p. 165. Vergl. Dict. T. II. p. 612. Th. Young Lect. T. II. p. 457.

Digitized by Google

sdorff mit Recht bemerkt, daſs es fraglich sey, ob alle Werthe unmittelbar durch Versuche gefunden worden sind. ler durch Langsdorff vorgenommenen genauen Berechnung Reduction ergiebt sich aber, daſs die gefundenen Gröſsen halb einer sehr engen Fehlergrenze den Quadraten der Ge-indigkeit proportional sind. Wird dann aus allen Bestim-en eine mittlere gesucht, so findet sich das Verhältniſs ieoretisch bestimmten Kraft zu der durch Erfahrung ge-nen = 1:1,9, also noch gröſser, als nach Mariotte[1]. den Versuchen, welche Hutton[2] in den Jahren 1786, 1788 in der Militäracademie mit groſser Genauigkeit an-, fand er das Gesetz vom Quadrate der Geschwindigkeit igt, und erhielt im Mittel einen Druck von 12 Unzen 1,75 ℔. gegen einen englischen Quadratfuſs Oberfläche. man berücksichtigt, daſs für das Quadrat der Geschwin-t des Windes und den Quadratinhalt der gestoſsenen, beides nach englischem Maſs, die Reduction entbehrt kann, so giebt die Rechnung die gesuchte Kraft nach rmel = 0,60304 Pfund, und das Verhältniſs nach die-rsuchen also = 1:1,243. Die oben bereits erwähnten he Woltmann's hält Langsdorff für die genauesten llen übrigen, weil jener sich zur Messung der Geschwin-en des Windes, dessen Druckkraft gegen eine gegebene er bestimmte, seines hydrometrischen Flügels bediente. dorff reducirte daher auch diese auf rheinländisches und findet dann, daſs die berechnete Kraft des Wind-sich zu der durch Versuche gefundenen wie 16:19 oder 1,19 verhält. Stellen wir die hier gefundenen Resultate nen, so verhält sich der durch Rechnung gefundene Stoſs indes zu dem durch Versuche gegebenen, oder der theo- zu dem empirischen

nach	Mariotte	= 1:1,73
—	De Borda	= 1:1,66
—	Rouse	= 1:1,90
—	Hutton	= 1:1,243
—	Woltmann	= 1:1,19.

Die Berechnung, die man in genügender Ausführlichkeit in rff's Werke a. a. O. findet, ist hier weggelassen worden.
Philosophical and mathematical Dictionary. T. I. p. 117.

Digitized by Google

Die Abweichung ist sehr bedeutend, und das Urtheil über Gewicht der einzelnen Angaben ausnehmend unsicher, weil Versuche[1], mit Ausnahme der von de Borda, Hutton Woltmann, entweder gar nicht, oder nur im Allgemeinen angegeben, keineswegs aber speciell und mit Angabe der derlichen Correctionen beschrieben worden sind. Die von riotte und Rouse dürften daher wohl ganz auszuschließen seyn; wollte man aber das Mittel aus denen von Woltmann und Hutton nehmen, so gäbe dieses 1 : 1,216, und wenn die von de Borda hinzunimmt, 1 : 1,364. Da übrigens sowohl ton als auch De Borda als sehr genaue Experimentatoren sind, so dürfte es nicht unangemessen seyn, ihren die Hälfte des Gewichts, als denen von Woltmann, legen, wodurch man im Mittel aus diesen drei Versuchs das Verhältniſs 1 : 1,32 erhält, was mit dem oben von aus den Woltmann'schen Versuchen allein abgeleiteten, lich 1 : 1,34 sehr nahe übereinstimmt. Betrachtet man Gröſse als der Erfahrung hinlänglich angemessen, so gemein die Kraft des Windes k in Pfunden nach der (I) für eine Fläche = a in Pariser Quadratfuſs und schwindigkeit = v in Par. Fuſs

$$k = 0{,}001990032\,a\,v^2,$$

wofür wegen der nicht mit berücksichtigten Zunahme der mit der Zunahme der Fläche füglich in runder Zahl

$$k = 0{,}002\,a\,v^2 \quad \ldots \quad \text{(III)}$$

gesetzt werden kann. Will man dagegen aus der Kraft die Geschwindigkeit messen, so wäre diese

$$v = 22{,}38\sqrt{\frac{k}{a}} \quad \ldots \quad \text{(IV)}.$$

wobei kaum nöthig ist zu bemerken, daſs diese Formel

1 Ueber d. Versuche ist näher im Art. ***Widerstand*** gehandelt. Nach Robison soll der Druck des Windes gegen einen engl. fuſs Fläche, wenn v die Geschwindigkeit in 1 Sec. nach engl. maſs bezeichnet = $16\,v^2$ Grains oder in Pfunden $\frac{v^2}{500}$ seyn; stimmt $0{,}00229\,v^2$, wenn v bis 10 Fuſs, und $0{,}002287\,v^2$, wenn 100 steigt. S. Young's Lectures. T. II. p. 229. Diese Bestimmung ruht indeſs nicht auf eigenen Versuchen.

Digitized by Google

inähernd gelten können, indem sie keineswegs mit ge- ider Schärfe begründet sind[1].

Geographische Verbreitung der Winde.

16) Es war bisher wiederholt die Rede von Winden, die ien Gegenden vorzugsweise zugehören, und aus den im zten Abschnitte mitgetheilten mittleren Windrichtungen ich dieses sowohl für die genannten Orte, als auch für igen Gegenden, in denen diese gelegen sind, entnehmen; ichen ist es sicher nicht ohne Interesse, die den ver- lenen Hauptstrecken der gesammten Erdoberfläche eigen- ichen Winde in einer allgemeinen Zusammenstellung zu icken. Es scheint mir daher, als dürfe auch dieser Theil esammten Untersuchungen hier nicht fehlen, und zwar weniger, da Kämtz[2] das hierüber vorhandene Material ſser Vollständigkeit geordnet und zusammengestellt hat. ausführliche Behandlung dieser Aufgabe hat neuerdings . Mitchell[3] gegeben, allein seine Sätze sind zu all- , und obgleich er viele Thatsachen zum Beweise der- anführt, so vermiſst man dabei eine genauere kritische derselben, weswegen dann auch seine Folgerungen iberall zulässig sind. Folgende allgemeine Sätze sollen indlage des Ganzen dienen.

Auf den groſsen Oceanen bis 30° zu beiden Seiten vom or herrschen beständige Winde, die nur in wenigen n von der östlichen Richtung abweichen. Diese Be- ng, obgleich beschränkt durch den Zusatz, daſs die Kü-

---

Eine Anwendung dieser Bestimmungen auf wirkliche Fälle zur ng beobachteter Wirkungen der Stürme übergehe ich, da die nöthigen Gröſsenbestimmungen in der Regel zu wenig genau nd der Einfluſs der rotirenden Bewegung nicht wohl zu ermit- Im Ganzen übersieht man leicht, daſs sich die Gewalt der hiernach füglich erklären läſst. Auſserdem gilt diese Formel den geraden Stoſs gegen ebene Flächen, gegen krumme oder ige ist er weit geringer. Vergl. Art. *Widerstand*.

Lehrbuch der Meteorologie. III Th. 8. Th. I. 1831. S. 177 bis e hieraus entnommenen Quellen bezeichne ich durch K.

Silliman's Amer. Journ. T. XIX. Daraus in Edinburgh New Journ. Nr. XXI. p. 167. Nr. XXII. p. 288 und Nr. XXIII.

Digitized by Google

sten einen Einfluſs ausüben, ist offenbar zu allgemein, und wenige Angaben von Halley, Colebrooke und Andern g gründet.

b) Zwischen 30° und 60° vom Aequator auf beiden Ha kugeln sind westliche Winde vor den östlichen vorherrsch im Verhältniſs von etwas mehr als 3 zu 2. Dieser im Ga richtige Satz ist für das westliche Europa leicht erwei auch bleibt nicht unbemerkt, daſs zu Kopenhagen die Rich des Windes mehr südlich seyn soll. Für die südliche Ha kugel ergeben die Nachrichten der Schiffer von den he Südweststürmen bei Cap Horn diese dort herrschende Wi richtung, wie nicht minder eine Angabe von W. Clar über die Falklandsinseln, und von Colebrooke[2] über die S spitze Africa's. Sofern also Mitchell zunächst nur das herrschen der westlichen Windrichtung von der östlichen hauptet, ohne zugleich die Neigung mehr nach Süden nach Norden zu berücksichtigen, kann der Satz im Ga bestehn.

c) Unter allen Breiten, wenige durch örtliche E herbeigeführte Ausnahmen abgerechnet, besteht ein Ue wicht der Luftströmungen von den Polen zum Aequat die in entgegengesetzter Richtung, aber diese vorherrsch Tendenz tritt bei weitem weniger und minder deutlich zeichnet hervor, als das Uebergewicht der westlichen W zwischen dem 30sten und 60sten Breitengrade. Genauer gefaſst soll dieses nur so viel heiſsen, daſs im Ganzen eine bewegung von den Polen zum Aequator hin statt findet, zeigt sich dieses in der etwas nördlichen Richtung des ostpassates auf der nördlichen Halbkugel und in der unter Breiten an vielen Orten sich zeigenden nördlichen Ri der herrschenden Westwinde, allein von dieser Seite hat chell das Problem nicht aufgefaſst, vielmehr sucht er einzelne Angaben das Vorherrschen der nördlichen Wind den südlichen zu beweisen. Diesemnach bezieht er s Daniell's Behauptung, daſs in Groſsbritannien nach Mittel aus zehn Jahren sich die nördlichen Winde zu den lichen wie 192 zu 173 verhalten, und in Central-Euro

1 Philos. Trans. 1776.
2 Brande's Journ. Th. XIV. S. 250.

:hen Winde allgemein, hauptsächlich aber im Sommer, egelmäſsiger, als die südlichen seyn sollen. Viele An- in Cotte's Tafeln werden zum Beweise dieses Satzes hrt, namentlich daſs zu Petersburg nach 16jährigen Be- ungen die nördlichen Winde zu den südlichen sich wie ı 119 verhalten. Zwischen der Nordgrenze des NO.- :s und den nordamericanischen Staaten sind die Südwinde L. v. Buch[1] vorherrschend, für die letzteren Staaten aber geben die Zusammenstellungen der Beobachtungsre- bald den nördlichen, bald den südlichen Windrichtungen :bergewicht, namentlich findet Lovell das Verhältniſs dlichen zu den westlichen wie 1259 zu 1160. Wie oben) gezeigt wurde, ist die herrschende mittlere Windrich- laselbst eine südwestliche, fast westliche, die aber durch Vechsel der vom Meere aus den erhitzten Länderflächen menden südlichen, und zu andern Zeiten vom Kältepole ieſsenden nördlichen Luftmassen vielfach gestört wird, so so je nach der Wahl der Orte die daselbst angestellten htungen im Mittel bald das eine, bald das andere der genannten Resultate geben können. Das allgemeine gsgesetz der Winde, welches die eigentliche Grundlage itchell's Bestimmungen bildet, und bei den Untersu- n über die geographische Verbreitung der Winde vor lingen berücksichtigt werden muſs, giebt auch hierüber thigen Erläuterungen. Im mexicanischen Meerbusen en nach v. Humboldt[2] Nordwinde (*los nortes*), ei- ı Nordwestwinde von den Herbst- bis zu den Früh- chtgleichen, aus dem stillen Ocean sind zu wenig Be- ngen bekannt, an der Nordwestküste America's aber, r Behringsstraſse bis zum 30sten Breitengrade sind die zwar im Ganzen veränderlich, die Seefahrer stimmen darin überein, daſs die Zahl der nordwestlichen am ı ist, an der Mündung des Columbia dagegen trifft man ewis und Clarke lange anhaltende Südweststürme mit Regen. Auf der südlichen Halbkugel verweilen die er unter höheren Breiten nur im dortigen Sommer, und daher schwer, die herrschenden Windrichtungen genau itteln.

Beschreibung der canarischen Inseln.
Neuspanien. Liv. I. Cap. 3.

Nach einem vierten Gesetze, welches Mitchell in Be ziehung auf die herrschenden Windrichtungen aufstellt, soll Stürme und Gewitter in der Regel zwischen Mittag und Abe ausbrechen und mit westlichen Winden verbunden seyn. D letztere Satz, welcher hier zunächst in Betrachtung kom läſst sich im Allgemeinen leicht beweisen, wie vielfach a die Abweichungen davon in einzelnen Gegenden und Ja seyn mögen, denn bei der einmal gegebenen östlichen Richt der Passate müssen die zwischen beiden und auch die, an i einander entgegengesetzten Grenzen erzeugten, Wirbel nothw zunächst eine westliche Richtung annehmen, und da in Zonen unter mittleren Breiten die rückkehrenden Passate al herrschenden zu betrachten sind, so liegt auch hierin ein nügender Grund, daſs die Stürme in der Regel eine west Richtung haben. Dieses bezieht sich aber im Allgemeinen auf ihr Fortschreiten, und leidet auſserdem auf die Hu im atlantischen Oceane keine Anwendung, indem diese dem, was oben hierüber mitgetheilt worden ist, in der wo nicht allgemein eine östliche Richtung haben, bevor Theil wohl unter Mitwirkung des hindernden Einflusses hohen Gebirge an den Westküsten America's eine Umdr erleiden. In Beziehung auf die Richtung der die Stürme denden Winde aber ist vor allen Dingen ihre wirbelnde wegung zu berücksichtigen, und dann zeigt sich der ang bene Satz keineswegs als haltbar, da bekanntlich im Ve namentlich der heftigsten Orkane der Wind sich zu d und in sehr vielen Fällen die ganze Windrose zu durchl pflegt.

Wir wollen, statt dieser allgemeinen, im Ganzen nur ob flächlichen Bestimmungen, die an den verschiedenen Orten der Regel vorherrschenden Windrichtungen, so weit die h über vorhandenen Nachrichten reichen, etwas näher betrac wobei das allgemeine Drehungsgesetz vorzugsweise Berücksi tigung verdient.

117) Im *groſsen Oceane* oder im stillen Meere gie der Störungen durch Continente und groſse gebirgige In die auf jeden Fall weit umher zerstreut liegen, am wenig und die Winde sind daher daselbst am regelmäſsigsten; zwischen ist auch dieses Meer verhältniſsmäſsig am wenig befahren, und Angaben über die dortigen Windverhältnisse

nur in geringer Zahl vorhanden. Nach allen Nachrichten ich aber schlieſsen, daſs daselbst die Passate am regelsten wehn. Die nördliche Grenze des NO.-Passates läſst iesemnach im Mittel unter dem Wendekreise, die südliter etwa 2° N. B. annehmen, indem beide im Sommer nördlich, im Winter weiter südlich vorrücken. Hiermmt vollkommen überein, daſs Kotzebue[1] diesen Pas- 23sten Sept. unter 26° 41′ antraf, weil er von seiner nmer angenommenen nördlicheren Entfernung noch nicht gekehrt war, am 16ten November aber[2] erst unter 22° B.; am 23sten März verlor er denselben[3] unter 20° eil er von seiner südlichen Abweichung noch nicht zuehrt war, im Mai dagegen war er schon bis zum Wen- vorgerückt[4], im December aber zeigte er sich bedeudlicher. Ebenso verlor ihn Vancouver[5] im März un- N. B. und Cook[6] in eben dieser Jahreszeit schon unter B. Der SO.-Passat auf eben diesem Meere geht nicht nach Süden hinab, und erstreckt sich nach Cook nicht als bis 20° S. B., indem über diese Grenze hinaus die renden westlichen Winde herrschen, doch unterliegt er ilichen Regel, daſs er im Sommer weiter nach N., im weiter nach S. vorrückt. Diesem gemäſs traf ihn et[7] erst unter 16° S. B., Cook[8] aber auf seiner Tour useeland nach Otaheiti im August erst unter 19° 36′ S. December dagegen erreichte Vancouver[9] seine Grenze 5° 26′ S. B. und im März unter 23° S. B., Krusen-) aber im April unter 18° 45′. Kämtz setzt demnach el die südliche Grenze des Südost-Passates unter 21° ie nördliche unter 2° bis 4° S. B.

ntdeckungsreise in die Südsee und nach der Behringsstraſse. 1821. 4. Th. II. S. 110.

bend. S. 11.

bendaselbst. S. 98.

eue Reise. Th. II. S. 1 u. 83. K.

oyage. T. I. p. 191. K.

roisième Voyage. T. IV. p. 112. K.

Iawkesworth Geschichte der Seereisen. Th. I. S. 344. K.

econd Voyage. T. I. p. 140. K.

oyage. T. I. p. 94. K.

angsdorf's Reise. Th. I. S. 74.

Digitized by Google

118) Ungleich bekannter sind die Winde, namentlich d Passate, im *atlantischen Oceane.* Nach Romme[1] erstreck sich der Nordost-Passat daselbst von den Parallelen 28° od 30° N. B. bis zum Aequator in einem nach der Jahres verschiedenen Abstande. Die südliche Grenze desselben re von 4° bis 14° N. B., indem sie im Februar bis 4° he im August dagegen bis 12°, ja sogar 14° N. B. herabrü So traf Cook im September unter der Linie SO.-Wind, w nach er sich also dort schon im SO.-Passate befinden mu im August hörte der NO.-Wind erst unter 12° N. B. a unter 5° N. B. traf er S.- und SO.-Winde, zwischen und 12° N. B. aber wechselnde Winde und Stürme, wo also der Zwischenraum von nicht weniger als 7 Graden Region der Calmen bilden mufste. Auf gleiche Weise f Wallis im September die südliche Grenze des NO.-Pass unter 10° 30′ N. B., und von da an bis zum Aequator v änderliche Winde, Cook aber fand selbst im October Grenze unter 12° N. B. und südlich von diesem Parallel sch che, veränderliche Winde, Lapeyrouse im Novembe und SO.-Winde, also den Anfang des SO.-Passates unter 14° S. B. und Kotzebue[2] verlor am 13ten Nov. NO.-Passat unter 9° 52′ N. B., kam am 18ten November ter 6° 48′ N. B. in den SO.-Passat, und erreichte d südliche Grenze am 1sten December unter 14° 40′,5 S. Vollständiger gab Seller[3] schon im Jahre 1675 die Gre des NO.-Passates in den verschiedenen Jahreszeiten an, bezeichnete zugleich die Richtung des ihm auf seiner entgegenströmenden SO.-Passates. Hiernach fällt die sü Grenze des NO.-Passates im Januar, Februar und März 4° N. B., im April unter 5°, im Mai unter 6°, im Juni 8°, im Juli unter 10°, im August unter 11°, im Sept unter 10°, im October unter 8°, im November unter 6° im December unter 5°. Der SO.-Passat ist vom Nov bis Mai SO., im letzten Monate etwas südlich, vom Ju October aber S., im Juli und August etwas westlich, w

1 Tableaux des Vents, des Marées et des Courans. Par. 18 T. I. p. 313.

2 Dessen Reisen. Th. I. S. 104.

3 Horsburgh India Directory. 4. Lond. 1817. T. I. p. 26. V Dove in Poggendorff's Ann. XXI. 181.

·orgeht, daſs in der Mitte des Sommers, wenn die südliche ıze des NO.-Passates am höchsten heraufrückt, der SO.-at wegen der Drehung der Erde nicht bloſs seine südliche ıtung wieder annimmt, sondern sogar in eine westliche geht. Zwischen beiden Passaten sollen die Winde nach .en veränderlich seyn, und zwar im nördlichen Theile chen N. und NO., im südlichen zwischen S. und SO. n. Am vollständigsten hat Horsburgh[1] die Grenzen bei-Passate zwischen 18 und 20° W. L. von G. aus den An-ı von 149 von N. nach S. und von 88 in umgekehrter tung segelnder Schiffe angegeben, wie folgende Tabelle

Der Nordost-Passat

	hörte auf Hinfahrt		fing an Herfahrt	
onat	zwischen	Mittel	zwischen	Mittel
r	5° bis 10° N. B.	7° N. B.	3° bis 6° N. B.	4°,5 N. B.
uar	5 — 10 —	7 —	2 — 7 —	5 —
	2,5 — 8 —	5,5 —	2 — 7 —	5 —
	4 — 9 —	6 —	4 — 8 —	5,5 —
	5 — 10 —	7 —	4,5 — 7 —	6 —
	7 — 13 —	9 —	7 — 12 —	9 —
	8,5 — 15 —	12 —	11 — 14 —	12 —
st	11 — 15 —	13 —	11 — 14,5 —	13 —
mber	9 — 14 —	11,5 —	11 — 14 —	12 —
ber	7,5 — 13 —	10 —	8,5 — 14 —	10 —
mber	6 — 11 —	9 —	7 . . . . . —	7 —
nber	5 — 7 —	6 —	3 — 6 —	5 —

A. a. O.

Der Südost-Passat

Monat	hörte auf Herfahrt zwischen	Mittel	fing an Hinfahrt zwischen	Mittel
Januar	0°,5 bis 4° N.B.	2°,25 N.B.	2° bis 4° N.B.	3°
Februar	2 S. — 3 —	1,5 —	0,5 — 1 —	1
März	1 S. — 2 —	1 —	0,5 — 2,5 —	1,5
April	2 S. — 2,5 —	1 —	0 — 2,5 —	1,5
Mai	1 N. — 4 —	2,5 —	0 — 4 —	3
Juni	1 — 5 —	3 —	0 — 5 —	3
Juli	1 — 6 —	4 —	1 — 5 —	3
August	3 — 5 —	4 —	1 — 4 —	2,5
September	2 — 4 —	3,5 —	1 — 3 —	2
October	2 — 5 —	3 —	1 — 5 —	3
November	3 — 4 —	3,5 —	3 — 5 —	4
December	1 — 4 —	2,5 —	1 — 4,5 —	4

Aus diesen vereinten Bestimmungen erhält man die B
zwischen beiden liegenden Region der Calmen, oder
änderlichen Winde für die einzelnen Monate.

Monat	Südl. Grenze des NO.-Passat			Nördl. Grenze des SO.-Passat			Breite der Zwischenzonen	
Januar	5°	45′	N.B.	2°	45′	N.B.	3°	0
Februar	6	0	—	1	15	—	4	45
März	5	8	—	1	15		3	45
April	5	45	—	1	15	—	4	30
Mai	6	30	—	2	45	—	3	45
Juni	9	0	—	3	0	—	6	0
Juli	12	0	—	3	30	—	8	30
August	13	0	—	3	15	—	9	45
September	11	45	—	3	0	—	8	5
October	10	0	—	3	0	—	7	0
November	8	0	—	3	45	—	4	15
December	5	30	—	3	15	—	2	15

Bestimmt man die Grenzen nach den Jahrszeiten, so erh
folgende Gröſsen.

Digitized by Google

Grenze des

Jahreszeit	NO.-Passat	SO.-Passat	Breite der Zwischen-zone
Winter	5° 45′ N.B.	2° 25′ N.B.	3° 20′
Frühling	5 47 —	1 45 —	4 2
Sommer	11 20 —	3 15 —	8 5
Herbst	9 45 —	3 15 —	6 40
Jahr	8 12 —	2 20 —	5 52

Zwischenzone, namentlich an der Goldküste Africa's, hen vom Anfange des Monats April an bis Ende Juni gsweise SW. und SSW.-Winde; auch sind Stürme da- nicht selten, die aber auf offener See nur 1 bis 2 Stun- in der Nähe des Landes dagegen länger dauern[1]. Die mungen der Grenzen beider Passate durch Horsburgh uf so zahlreiche Beobachtungen gegründet, daſs es keiner gen bedarf. Inzwischen möge hier noch angeführt wer- daſs d'Après[2] folgende südliche Grenzen des NO.-Pas- angiebt.

Im Januar und Mai zwischen	6°	und	4°	N. B.
— Februar	3	—	5	—
— März und April . . .	5	—	2	—
— Juni . . . . . . bei	10			
— Juli, Aug., Sept. zwischen	13	—	14	

19) Die auffallende Erscheinung, daſs die Nordgrenze des Passates bis über den Aequator hinaufgeht, hat man aus öſseren Wärme der nördlichen Halbkugel abzuleiten ge- , und namentlich nimmt Prevost[3] dieses Verhältniſs : 9 an, wodurch die Grenze beider Passate in 5° 12′ N. B. würde. Abgesehn davon, daſs dieser Satz namentlich in hung auf das Meer und die äquatorische Zone keineswegs end begründet ist[4], wenn gleich durch die gröſsere Län- sse der nördlichen Halbkugel mehr Wärme entwickelt so bemerkt Kämtz mit Recht, daſs dann das Nämliche

Romme Tableaux u. s. w. Th. I. S. 27.
Nach Dove in Poggendorff's Ann. XXI. 181.
Journ. de Phys. T. XXXVIII. p. 365 ff.
Vergl. Art. *Temperatur*. Bd. IX. p. 430.

auch im stillen Ocean statt finden müſste, wogegen aber d so eben mitgetheilten Bestimmungen streiten. Auſserdem würde hieraus folgen, daſs auch im Winter die mittlere Temperatur der nördlichen Halbkugel die der südlichen übertreffen müſste, was wohl niemand zugeben wird. Ungleich wahrscheinlicher ist es dagegen, daſs die Umgebung des atlantischen Oceans in der tropischen Zone diese Anomalie erzeugt, w Romme[1] und v. Humboldt[2] annehmen. Zu den Hauptbedingungen gehört die groſse Bergkette des diesseits vom Aequator liegenden Theiles von Südamerica, von welchem her die kälteren Luftmassen dem ohnehin stark erwärmten Meere zuströmen, und daher die andringenden nördlichen Luftströmungen zurückdrücken müssen, die Configuration der Westküste Africa's, wonach die südliche Luftbewegung frei bis zum Golph von Guinea über den Aequator hinaus gelangt, der aus diesem Meeresbecken nach den Antillen gerichtete warme Wasserstrom, und die ausgedehnte, unaufhörlich stark erwärmte Sahara, an deren südlicher Grenze sich eine Hochebene befindet, die der freien nördlichen Luftbewegung ein Hinderniſs entgegenstellt.

Zwischen beiden Passaten des atlantischen Oceans herrscht vorzugsweise mäſsiger Wind bei stets heiterem Himmel, selten trifft man daselbst unregelmäſsige Winde mit Regen und Sturm, wie zur groſsen Verwunderung der Schiffer ausnahmsweise im Jahre 1803 unter 14° N. B. und 46° W. L. von Greenwich der Fall war, denn in diesem Meeresbecken ist es stets so ruhig, daſs die Seefahrer ihm den Namen *Golf der Frauen* (*el Golfo de las Damas*) geben[3], weswegen die nach Ostindien segelnden Schiffe von Madera aus hier hindurch nach der Küste von Brasilien steuern.

120) Auf dem indischen Meere werden die Windverhältnisse ausnehmend durch die ungleiche Beschaffenheit der dasselbe einschlieſsenden groſsen Ländermassen bedingt, die Passate treten daher nicht rein auf, sondern gehn nach der wechselnden Erwärmung in die Mussons über. An der westlichen Seite des groſsen Meeresbeckens liegt die mit hohen Bergen

---

1 Tableaux des Vents. cet. T. I. p. 314.
2 Voyage. T. II. p. 6. K.
3 v. Humboldt Voyage a. a. O.

e Ostküste des südlichen Africa's und die gebirgige Insel gascar, an der nördlichen Seite treffen wir die ausgedehn- ndigen und vegetationsleeren Ebenen Arabiens, die sich ich Afghanistan erstrecken, und an die rieſenmäſsig sich nden Centralgebirge Asiens grenzen. Auf der indischen sel diesseits des Ganges fällt das Land an den Küsten lalabar steil ab, anstatt daſs die Küste Coromandel sich dem Golph von Bengalen hin allmälig verflacht. Die öst- ostindische Halbinsel ist hinlänglich ausgedehnt und mit nen Bergen bedeckt, daſs hieraus ein merklicher Einfluſs e Windrichtungen erwachsen muſs, das chinesische Meer t nicht fern von den Küsten des Continentes eine Menge ter Inseln, namentlich die zu Japan gehörigen, unter lequator selbst aber liegen viele, zum Theil mit sehr Bergen versehene Inseln, als namentlich Sumatra, Java, , Celebes und andere. Alle diese Bedingungen stören gelmäſsigen Passate, und verwandeln sie auf der nördli- lalbkugel in Mussons; auf der südlichen dagegen ist zwar inea und vorzüglich Neuholland nicht ohne Einfluſs, je- icht von einem solchen, welcher in gleichem Grade den Passat auf dem Meere aufzuheben vermöchte.

!1) Den Uebergang der Passate zu den *Mussons* hat sehr lichtvoll aus einander gesetzt. Nach ihm sind die ns nichts anderes als Passate, welche an den nämlichen zu verschiedenen Zeiten ebenso wechseln, als dieses an iedenen Orten zu der nämlichen Zeit statt findet. Wenn h der NO.-Passat den Aequator überschreitet, so muſs Folge der Erdrotation durch N. in NW. übergehn, und der SO.-Passat durch S. in SW. Wenn man aber h berücksichtigt, daſs die oben abflieſsenden und zu- hrenden Aequatorialströme auf der nördlichen Halbkugel V.- und auch der südlichen als NW.-Winde zum Vor- kommen, so entstehn hierdurch die drei Zonen, die der stillen, wenn diese anders existirt, da sie auf jeden Fall chmal ist, die der regelmäſsigen Passate, und die der ehrenden Passate, wo bei niedrigem Stande der Sonne die rschläge herrschen. Durch den Wechsel der Windstillen len Passaten entstehn denn zwei Classen von Winden,

Poggendorff's Ann. XXI. 192.

Digitized by Google

zuerst die *intermittirenden*, wenn die Passate mit den Wi
stillen wechseln, wobei die ersteren mit heiterem Himmel, d
letzteren mit Regengüssen verbunden sind[1], und zweitens d
alternirenden, wenn der eine Passat mit dem andern wech
Diese letzteren sind es, welche im indischen Meere als d
bekannten Mussons auftreten, doch hat die Configuration u
die physische Beschaffenheit der dieselben einschlieſsenden La
der einen sehr bedeutenden Einfluſs auf die Entstehung u
den Wechsel der dort herrschenden Winde, wie namentl
Kämtz im Einzelnen genügend nachgewiesen hat.

122) Südlich vom Aequator, zwischen 10° bis 30° S.
auf der ganzen Strecke von Neuholland bis Madagascar we
nach Halley[2] der SO.-Passat das ganze Jahr hindurch. Di
sen hatte daher Carteret[3] auf seiner ganzen Fahrt von J
nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung, King[4] traf ihn
Februar unter 13° S. B. und Kotzebue[5] verlor am 4ten M
unter 29° 19′ S. B. diesen bis dahin so treuen Begleite
seiner Reise. In den Monaten vom Juni bis November n
sich diese Winde dem Aequator bis auf 2°, von Anfang De
cember bis Mai aber herrschen zwischen 3° bis 10° S. B
Nordende Madagascars und zwischen 2° bis 12° S. B. in
Nähe von Java und Sumatra die entgegengesetzten NW.-Wi
Hieraus ersieht man also deutlich, auf welche Weise der r
gelmäſsige Passat in den alternirenden Musson übergeht. W
aber bei nördlicher Abweichung der Sonne das Festland Afr
weniger erwärmt wird, so herrschen dann auf Bourbon u
Isle de France intermittirende Winde, auf der weiter v
Lande entfernten Insel Rodriguez dagegen dauert der Passat f
bei südlicher Abweichung der Sonne dagegen wird Africa st
ker erwärmt, die Südgrenze des Passates entfernt sich we
vom Aequator, und der SO.-Passat weht so lebhaft an d
Südspitze von Madagascar, daſs er in die Straſse von Mosam
bique eindringt, und weit in derselben hinaufgeht[6]. In d

1 Vergl. v. Humboldt in Ann. de Chim. et Phys. T. VIII. p. 1
2 Philos. Trans. 1686. N. 183. p. 158.
3 Hawkesworth Geschichte der Seereisen. Th. I. S. 442. K.
4 Troisième Voyage de Cook T. IV. p. 469. K.
5 Reise. Th. II. S. 144.
6 Romme Tableaux cet. T. I. p. 127.

: des Vorgebirges der guten Hoffnung zeigt sich der Wech-
er Paſſate und die Drehung des Windes in entgegenge-
r Richtung, als auf der nördlichen Hemiſphäre, sehr deut-
Nach den Beobachtungen von Wendt[1] herrſcht daſelbſt
ommer (dem ſüdlichen Sommer, alſo bei ſüdlicher Ab-
ıung der Sonne) SO.–Wind (der SO.–Paſſat), welcher
r wird, ſobald er ſich nördlich wendet. Sind die beſten
ıermonate vorüber, ſo folgt nach einer Windſtille von
r Dauer gewöhnlich ſehr mäſsiger SO.–Wind mit an-
dentlich heiterem Himmel. Der Wind nimmt zu, wenn
h öſtlich wendet, und iſt er bis N. gekommen, ſo ſieht
gewiſs im Weſten ſchon Wolken mit Blitzen emporſtei-
und es erfolgt in weniger als einer halben Stunde ein
ı aus WNW., der erſt abnimmt, wenn ſich der Wind
24 oder 48 Stunden mehr nach Süden wendet. Bei ſüd-
Declination der Sonne rückt der NO.–Paſſat weiter ge-
üden hinab, und es herrſcht zwiſchen 5° N. B. und dem
ıtor, von Sumatra bis zur Küſte Africa's, ein ziemlich
ıäſsiger NO.–Wind mit heiterem Wetter. Aus dem
hren der Richtungen der Paſſate in ihrer Zwiſchenzone
dann erklärlich, daſs zwiſchen dem Aequator und zwi-
8° S. B in der Mitte des indiſchen Meeres, 12° bis 13°
aber unterhalb der Sunda-Inſeln NW.- und SW.-
e abwechſelnd mit Windſtillen und Stürmen herrſchen,
on Romme[2] NW.–Muſſons, von Le Gentil[3] SW.–
ns genannt werden. Am deutlichſten zeigt ſich der Ue-
g der Paſſate zu den Muſſons auf der Inſel Sumatra,
: durch den Aequator in zwei Hälften getheilt wird[4].
dlicher Abweichung der Sonne herrſcht auf der nördli-
Hälfte der NO.–Paſſat, mit heiterem Wetter, während

Poggendorff's Ann. XXXVI. 329.
Tableaux a. a. O. p. 134.
Voyage. T. I. p. 639. K.
Nach Veicht in Philos. Trans. 1764 herrſchen in der Straſse
ncoolen an der Südweſtſeite von Sumatra und in der Straſse
lacca während ſechs Monaten des Jahres anhaltende Winde nach
en Richtung und die anderen ſechs Monate nach der entgegen-
n; die Stürme kommen meiſtens mit Winden, die den herr-
n gerade entgegengeſetzt ſind, welche letztere ſich aber ſo-
wieder einſtellen, wenn die Orkane aufhören.

Digitized by Google

auf der südlichen wechselnde westliche Winde mit Regen w[illegible] bei nördlicher Abweichung der Sonne kommt die Südhälfte Insel in den Bereich des SO.-Passates, und die Nordhälfte die Gegend der veränderlichen Winde. Die Mussons sind auf beiden Hälften nur dann regelmäſsig, wenn sie auf Meere stark wehn[1], und sie erstrecken sich mit Beibe[illegible] dieses regelmäſsigen Wechsels über die sämmtlichen S[illegible] Inseln bis Timor[2] oder nach Horsburg[3] bis zu den [illegible] nen. Bei nördlicher Declination der Sonne herrscht an [illegible] Südseite Javas ein Ostwind, welcher durch das Zu[illegible] treffen der vom Südpole herbeiströmenden Luft mit der von den Bergen der Insel herabflieſsenden entsteht, [illegible] dieser Insel und Neuholland herrschen dann aber die [illegible] lichen SO.-Passate[4]. Nördlich vom Aequator, zwischen Küste Malabar und Africa, weht bei südlicher Abweichung Sonne der NO.-Passat, seines Wechsels wegen dort [illegible] genannt, welcher näher nach den Küsten Arabiens in O. [illegible] südlich in NW. übergeht, nahe an den Küsten aber [illegible] Land- und Seewinden wechselt. Bei nördlicher Ab[illegible] der Sonne kommt die Zone nördlich vom Aequator [illegible] beide Passate, es wehn auf dem offenen Meere die SW.-[illegible] sons ziemlich regelmäſsig und mit gleicher Stärke, [illegible] Küste Malabar und der Westküste Ceylons werden sie [illegible] gestüm, und wechseln mit Regen und Stürmen, während Küste Coromandel heiteren Himmel hat. Durch die [illegible] und deren eigenthümliche Lagen werden die Winde [illegible] ten, ihre Richtungen leiden eine Veränderung[5], und [illegible] muſs vorzugsweise auch bei den mit geringerer Stärke [illegible] den Passaten und Mussons der Fall seyn. Nach Chri[illegible] Beobachtungen kommt hierbei aber der Einfluſs der Ge[illegible] birge sehr in Betrachtung. Während in den Nächten heiſsen Monate ein kalter Wind in den südlichen Theilen Mahrattenstaaten weht, herrscht oft gleichzeitig an der W[illegible]

---

1 Vergl. Forrest on Monsoons. p. 107. Marsden history [illegible] matra. a. a. O. K.

2 Romme Tableaux. T. I. p. 95.

3 India Directory. T. II. p. 233.

4 S. Romme Tableaux. T. I. p. 125 sq.

5 Romme. Ebend. p. 303.

6 Edinburgh New Philos. Journ. N. X. p. 301.

völlige Windstille. Indem nämlich die Gautsgebirge und chen Theile des Landes mit Wald bewachsen und stets , also auch kälter sind, wenn namentlich bei Nacht die Ebenen die Wärme länger beibehalten, so muſs die liesen befindliche heiſsere Luft aufsteigen, und durch die ıgende kältere ersetzt werden. Der hierdurch erzeugte hält dann so lange an, bis er durch den mächtigern Passat, welcher insbesondere am Tage viel stärker ist, gedrängt wird. Die Gebirge des westlichen Theiles des ragen aber 2500 engl. Fuſs über die westliche Küste , von letzterer her können daher die Winde nicht bis in tte des Landes dringen, die hier herrschenden West-können daher keine Seewinde seyn, wie manche glau-hauptsächlich deswegen, weil an der Küste Windstille t, weil die Seewinde durch die Gebirge zurückgedrückt , und sich nicht bis zu 2000 Fuſs Höhe erheben. Jene inde im Innern des Landes müssen daher durch die Ab-; der Luft über den Gautsgebirgen entstehn. Gelegent-ın hier noch bemerkt werden, daſs nach dem Zeugnisse rnbull Christie[1] in Hindostan Gewitterstürme mit nicht ebenso selten sind, als man der gewöhnlichen gemäſs zu glauben geneigt seyn dürfte, nach welcher den Tropen gar nicht, mindestens nicht in geringen hageln soll[2]. Er selbst erlebte im Mai 1823 zu Hy-unter etwa 17° N. B. ein Hagelwetter, und ein an-urde in demselben Monate, oder im Juni 1825 zu Dar-er 16° 28' N. B. beobachtet, wo sich das nämliche Phä-im folgenden Jahre erneuerte. Diese drei Fälle waren die einzigen, die sich während seines fünfjährigen alts in Ostindien ereigneten, nach angestellten Erkun-n sammelte er aber noch verschiedene andere Zeugnisse, om Colonel Bowler, welches selbst im Jahre 1805 ein hauer zu Trichinopoly erlebte, und von einem andern e 1817 im Goomsathale, etwa 25 engl. Meilen von , nur wenige Fuſs über dem Meeresspiegel, genaue erhielt. Bei südlicher Abweichung der Sonne weht im von Bengalen der NO.-Passat oder Musson, wird aber

---

1 dinburgh New philos. Journ. N. XX. p. 308.

2 ergl. Art. *Hagel.* Bd. V. S. 45.

erst im December regelmäſsig, und dreht sich im Januar, Fe und März zuweilen schon nach SO., oder auch nach S ausgenommen an den Mündungen des Ganges, wo seine Ri tung überhaupt nicht constant ist. Ebendaselbst ist e südlicher Abweichung der Sonne mehr südlich und selbst östlich, während im Meerbusen selbst die SW.-Musson Zwischenzone zwischen beiden Passaten wehn. Im Allgem erwartet man nach Williams an der Küste von Beng Stürme, wenn der Südost aufhört, leichte Winde aus allen genden wechselnd wehn, und das Meer sehr schön mit Seesternen bedeckt ist[1]. Weit regelmäſsiger, als in grofsen Meeresbecken, sind die Winde im chinesischen werden zugleich aber durch die Configuration der Länder deutend abgeändert. Während der südlichen Abweichung Sonne herrscht daselbst ein Nordmusson, welchen die Malacca und Sumatra hindern, sich nach O. zu drehn. Bai von Tonkin nimmt der Wind mehr eine nordnord im Golph von Siam hat er im November noch eine Richtung, geht aber im Januar mehr nach O. über. der nördlichen Declination der Sonne herrscht im chi Meere ein eigentlicher Südmusson, welcher wohl ohne durch den SO.-Passat erzeugt wird. Um diese Zeit Wind auf Neuguinea SO., auf der Nordküste von Timor auf Java SO. durch Winde aus NO. unterbrochen; Molukken ist er vorzugsweise SSO., auf Amboina und mehr O. bis SO., auf den Philippinen wird der SW.- erst im Juni beständig, und erstreckt sich dann bis Marianen[2]. In der Bai von Tonkin scheinen die Wi stens westlich zu seyn, im Golf von Siam zwischen SW. W. zu liegen, womit das häufige Vorkommen der ber wähnten Typhons im chinesischen Meere sehr gut kommt.

123) Die mit gar keinen oder nur wenigen und pe Unterbrechungen stets dauernden Passate, nebst den genden regelmäſsigen Strömungen der Luft von den Pol gen den Aequator, so wie nicht minder die aus beiden wendig folgende Umdrehung der Winde, bedingen im

1 Romme Tableaux. T. I. p. 149.
2 Kämtz Meteorologie. Th. I. S. 197.

die an allen Orten herrſchenden Windrichtungen, je-
erden dieſe durch locale Einflüſse ſo vielfach modificirt,
oft kaum mehr kenntlich ſind, und auf jeden Fall
mehrjährige genaue Beobachtungen zu Gebote ſtehn,
nan die mittlere Richtung auffinden will. Wenn man
ie Winde in der äquatoriſchen Zone als beſtändige und
nde, die unter höheren Breiten aber unregelmäſsige
ſo iſt dieſes im Allgemeinen zwar richtig, darf aber
o weit ausgedehnt werden, als ob bei der letzteren
gar keine Regel zum Grunde läge, da dieſe vielmehr
im dritten Abſchnitte näher betrachteten allerdings
en iſt. Die geographiſche Verbreitung der Winde über
ze Erdoberfläche kann daher erſt dann mit der erforder-
ollſtändigkeit und Sicherheit gegeben werden, wenn
länglich vielen Orten genügende Beobachtungen zu Ge-
hn, wobei ſich die bereits nachgewieſenen Haupturſa-
r normalen Windrichtungen, und die örtlichen Urſa-
r Abweichungen von dem allgemeinen Drehungsge-
ntlicher herausſtellen würden. Es läſst ſich hiernach
ſser Wahrſcheinlichkeit annehmen, daſs auf der ſüdli-
lbkugel auch unter höheren Breiten die Richtungen der
weit regelmäſsiger ſind, als auf der nördlichen, und da
ar auf der letzteren in der gemäſsigten Zone ein Un-
nach den Jahreszeiten zeigt, ſo läſst ſich mit Grunde
n, daſs dieſes auf der erſteren noch weit mehr der
wird, und daſs demnach die Muſſons, wenn wir
Winde der Jahrzeiten verſtehn, dort ungleich häu-
l, als man bisher annahm, obgleich es meiſtens ſchwer
n regelmäſsigen periodiſchen Wechſel im Einzelnen
hzuweiſen, wenn die Zahl der örtlichen Bedingungen
In Ermangelung der erforderlichen Thatſachen, um
ſeiner Allgemeinheit nachzuweiſen, mögen hier nur
ige Einzelnheiten Platz finden.

Wenn nicht locale Hinderniſſe im Wege ſtehn, ſo
ie Paſſate in Verbindung mit den Seewinden tiefer in
ein, und ſetzen ſich daſelbſt fort. Am Orinoco
54' N. B. ſah v. Humboldt[1] die höheren Wolken
er Richtung von O. nach W. bewegen, obgleich unten

---

age. T. VII. p. 211. 277.

Digitized by Google

vollkommene Windstille herrschte, und über dem Amazo
strome wehet der fortgesetzte Passat so lebhaft, daſs man
bei den Fahrten stromaufwärts benutzt. Auf gleiche W
dringt der Ostwind zu Buenos Ayres bis zu den Anden
zu Rio de Janeiro dagegen verliert der Passat durch die
calität seinen Einfluſs sehr bald, wie wir oben (§. 63) ge
haben. Im mittleren Europa ist die herrschende Windrich
im Mittel die westliche, und dreht sich weiter östlich
mehr nach Norden; in den nordamericanischen Staaten
schen 40° bis 44° N. B. ist die mittlere Windrichtung
westlich, wie namentlich Dove[2] aus den genauen Beob
tungen an 57 Orten des Staates Newyork in den Jahren
bis 1828 und 1830 bis 1838 nachgewiesen hat, woraus
die mittlere Windrichtung S. 76° 54′ W. ergiebt, bei
fenbar eine Folge der Umkehrung des NO.-Passates.
würdig ist hierbei die durch Dove[3] gleichfalls nachgew
Regel, wonach bei ungewöhnlich hoher oder niederer T
ratur in Nordamerica meistens das Gegentheil hiervon
ropa statt findet, was vielleicht daraus folgen dürfte,
vom americanischen Kältepole herabflieſsenden, auf die
herrschenden Westwinde stoſsenden Luftmassen ent
der geraderen Strecke sich über Nordamerica verbreiten
in schieferer Richtung nach Europa gelangen. Ohne
ist wohl dieser Kältepol für das westliche Europa von
rem Einflusse, als der sibirische, obgleich auch diesem
merkliche Einwirkung namentlich auf die Erzeugung der
O.- und NO.-Winde, welche im Frühjahre die Ge
zeugen, nicht abzusprechen seyn dürfte. Auf manch
gedehnten Länderstrecken, insbesondere über weiten,
hen Gebirgen eingeschlossenen Ebenen sind übrigens die
chen Einflüsse so bedeutend, daſs die Wirkungen der
meinen Windströmungen durch sie ganz verschwin
lassen sich in dieser Beziehung nicht füglich die heiſs
als vorübergehende Erscheinungen anführen, wohl

---

1 S. Lambert in Ann. de Chim. T. XLII. p. 395.

2 Repertorium der Physik. Th. IV. Berl. 1841. S. 1
Edinburgh Journ. of Science. N. XX. p. 267.

3 Ueber die nicht periodischen Aenderungen der Tem
theilung auf der Oberfläche der Erde. Berl. 1840. II. Th. 4.

Digitized by Google

ndverhältniſſe über und neben den Sandwüſten im Allgemen, nicht zu gedenken, daſs auch die bekannten Land- Seewinde redende Beweiſe hierfür geben. Wegen der edehnten Ebenen Aegyptens wehn im nördlichen Theile elben die Winde im Juni aus N. und NW., dann bis zur s Septembers aus N., im März und April aber aus SO., S. SW., und man kann alſo annehmen, daſs neun Monate urch die Winde daſelbſt im Mittel nördlich ſind[1]. Ueber Sahara ſelbſt ändern ſich die Verhältniſſe nach dem Stande Sonne ſehr bedeutend, vorzüglich wenn man als erwieſen nmt, daſs am Südrande derſelben ſich ein ausgedehntes m befindet. Dieſes wird bei ſüdlicher Abweichung der e ſtark erwärmt, die Sahara erkaltet dagegen, und Mungo [2] fand daher am Südweſtrande der Sahara im Winter entheils NO.-Winde, vom Mai bis September aber SW.- le. Im Oſten dieſer Wüſte zu Aſſiout fand Browne[3] ovember faſt beſtändig NW.-Winde herrſchend, und ieſe zeigen ſich nach Rüppell[4] im Winter zu Kordofan Dongola. Ein ähnliches Verhalten findet ohne Zweifel den ausgedehnten Ebenen Arabiens und Meſopotamiens wie nicht minder in der Wüſte Cobi, allein die Nach- , die wir hierüber haben, ſind zu vereinzelt und zu lhaft, als daſs ſich etwas genau beſtimmtes hierüber auf- lieſse. Einzelne Angaben können leicht irre führen, und gemein geltend dasjenige darſtellen, was ſich nach län- eit fortgeſetzten Beobachtungen nur als Abweichung von ganz anderen Regel zeigen würde. Uebrigens ſcheint aus lgemeinen Configuration der Länder hervorzugehn, daſs groſse nördliche Luftſtrömung vom ſibiriſchen Kältepole er die Ebene öſtlich vom Aralſee und dem caſpiſchen herabflieſst, dann zwiſchen dem Euphrat und Indus her- nd eine nordöſtliche Richtung annimmt, und diejenigen aſſen liefert, welche den NO.-Paſſat des indiſchen Meer- bilden, nach ihrem Fortgange über die Sahara aber[5]

Volney Voyage. T. I. p. 60. Denon Voyage. p. 197.
Travels. p. 116. 167. u. a. a. O. K.
Travels. p. 149.
Reiſen. S. 73 u. 163.
Vergl. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1136.

Digitized by Google

sich mit dem NO.-Passate des atlantischen Oceans vereinig dessen Rückkehr als SW.-Passat nach Europa bereits öfter e wähnt worden ist. Hieraus dürfte die für eine zwischen 20° u 35° N. B. liegende Zone unglaubliche Kälte zum Theil e klärlich seyn, welche so oft in den Ländern zu beiden Se des Indus, am Gihon, in der Umgebung von Samarcand u in der Tartarei herrscht, ja nicht selten sich über Persien ve breitet.

125) Je weiter wir uns vom Aequator entfernen, s Scoresby[1] mit Recht, um so mehr werden die Winde un gelmäſsig. Allerdings läſst sich wohl eine gewisse Rege ſsigkeit der vorherrschenden Windrichtungen auffinden, oben ausführlicher und bestimmter gezeigt worden ist, dess aber kommen zu allen Zeiten Winde aus allen Richtungen mit sehr schnellem Wechsel vor. Es ist daher unnöthig, dem, was oben bereits über das Verhalten der Winde in gemäſsigten Zone gesagt worden ist, noch weiter etwas hi zusetzen; je mehr man sich aber der Polarzone nähert, u wenn man gar in diese selbst gelangt, um desto unregelmä ger werden die Winde. Im Allgemeinen ist dieses ge bekannt, und obgleich uns verhältniſsmäſsig nur wenige nauere Nachrichten über ihr Verhalten in den Polarzonen kannt sind, so genügt doch das, was Ross[2] und Scores hierüber mitgetheilt haben[3], vollkommen, um eine Vorste von der auſserordentlichen Unstätigkeit und dem sch Wechsel der Stärke und Richtung der Winde in jenen Ge den zu erhalten. Letzterer sagt: Stürme und Windstillen w seln häufig ohne Vorzeichen, starke Winde herrschen an nem Orte, und in geringer Entfernung sehr mäſsig, ein S aus Süden verschwendet seine Kräfte gegen einen ru Wind, der ihm vom Eise entgegen kommt, ohne ihn zu ü winden, und Schiffe, die nicht weiter von einander en sind, als im Kreise des Horizontes, unterliegen in dens Augenblicken den an Stärke und Richtung verschiede Winden. Die Hauptursache hiervon liegt in dem Eis

---

1 Account of the arctic Regions. Edinb. 1820. II T. S. p. 396.

2 Appendix to the Narrative of a second Voyage cet. Meteo

3 Account a. a. O.

ıen das Meereis auf Erzeugung und Richtung der Winde ıt. Wendet man sich von dieser allgemeinen Bestimmung Einzelnen, so geht den plötzlich ausbrechenden Stürmen iche Windstille voraus, veränderliche Brisen wechseln mit ;en Windstöſsen, und es zeigt sich eine eigenthümliche gung der See, verbunden mit Schneegestöber, wobei dicke en mit feinem Staubschnee wechseln, die zugleich die ſphäre verdunkeln. Wird es heller, so muſs man das ınahen des Sturmes erwarten, während sich eine dem en des Eises gleichende Helle am Horizonte zeigt, die Richtung andeutet, und ein Brausen in den oberen Re- ı seine unmittelbare Ankunft verkündigt. Das Barometer, chen mit dem Thermometer, leistet hierbei für die Vor- ıtimmung sehr wesentliche Dienste. So ereignete es sich en April 1811 unter 70° 49′ N. B., daſs das Barometer 9,88 Z. engl. bis 29,5 Z. fiel, das Thermometer aber - 12°,22 bis — 2°,77 C. stieg, und der helle Schein wischen NNO. und OSO. zeigte. Der Wind drehte sich ıem Augenblicke von NNW. nach OSO., es schneiete er, aber der Wind blies so heftig, daſs die gröſste An- ung kaum genügte, die Segel herabzuziehn, um ihr gänz- Zerreiſsen zu verhüten. Der Sturm hielt 3 Tage an, nd welcher Zeit das Barometer unverändert blieb, der aber so heftig tobte, daſs er eine 18pfündige Kanone ıob und alles vom Verdeck herabriſs. Am 17ten Mai als das Schiff unter 76° 7′ N. B. im Eise festlag, wehte ind stark aus NNW., am folgenden Tage trat Wind- ein, und gleich darauf ein leichter Wind, welcher von . durch W., S. und O. bis in seine ursprüngliche Rich- ;anz herumlief. Unterdeſs sank das Barometer, gegen trat Windstille ein, und gleich darauf folgte ein Sturm, lchem das Schiff nur mit Mühe und durch zeitig ergrif- laſsregeln erhalten wurde. Auch bei den Stürmen der one hört man zuweilen vorher das Brausen in den höhe- egionen, und Scoresby der Vater rettete einst sein Schiff h, daſs er es sofort aus seiner gefährlichen Lage brachte, r im Mastkorbe dieses Getöse gehört hatte. Hieraus läſst olgern, daſs die Stürme in gröſseren Höhen zuerst be- ı, was auch nothwendig der Fall seyn muſs, wenn wir nen, daſs die sie erzeugenden wirbelnden Luftsäulen keine

Digitized by Google

lothrechte, sondern eine gegen den Horizont geneigte Richtu haben, weil die auf der Erde ihrer Bewegung entgegensteh den Hindernisse unten ihren Fortgang hemmen.

126) In jenen Gegenden herrschen ferner die intermi renden Winde, bei denen einzelne Windstöſse (*Squals*) Windstillen wechseln. Im April 1814 z. B. unter 73° N. B. dauerten diese Windstöſse von 5 Minuten bis zu e halben Stunde mit etwas kürzeren Zwischenräumen von Wi stillen. Während der ersteren konnte das Schiff nur die kl sten Segel tragen, während der letzteren volle Segel, und d ses dauerte von 8 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags, mit einem Schneeschauer plötzlich völlige Windstille ein und eine Stunde anhielt, worauf der Sturm sich mit ver ter Stärke erhob. Um 9 Uhr Abends drehte sich der W plötzlich von NNW. bis ONO. und legte sich dann. Mi heftig, und daher für die Beobachtung interessant waren intermittirenden Windstöſse am 18ten April 1815 unte N. B. unſern Spitzbergen. Veränderliche und partielle W giebt es zwar in allen Gegenden, aber nirgend so al als in der Polarzone, was ohne Zweifel eine Folge der u chen Temperatur des Eises und des Meeres ist. Was abe meisten auffallen muſs, ist, daſs nicht selten verschieden selbst entgegengesetzte Winde im Bereiche des sichtbaren rizontes gleichzeitig existiren, wobei die gerade entgegeng wehenden sich in der Mitte das Gleichgewicht halten, Windstille erzeugen. So sieht man nicht selten Schiffe, in nicht bedeutender Entfernung zur nämlichen Zeit von schiedenen Winden getrieben werden, oder Windstille h während das eine sich in einem dichten Schneeschauer, andere in heiterem Sonnenschein befindet. Unter ande Scoresby am 30sten April 1810 gleichzeitig mehrere Sc deren zwei mit NO., zwei andere mit O. oder ONO., mit SO. segelten, während er selbst NW.-Wind hatte. gleiche Weise zeigen sich dort partielle Stürme auffall als in irgend anderen Gegenden unter niedrigern Breiten hatte unter andern sein Vater im grönländischen Meere ganzen Tag mit heftigen Winden gekämpft, als diese legten und ein anderes Schiff sich näherte, welches versich daſs es nur schwache Winde gehabt habe.

127) Man darf im Allgemeinen annehmen, daſs in

chen Polarzone wegen der dort herrſchenden tiefen Kälte ler ungeheuren, daſelbſt aufgehäuften Eismaſſen der Wind t von dieſen und dem gefrorenen Boden dem wärmeren zuſtrömt. Im grönländiſchen Polarmeere ſind daher vinde vorherrſchend, wie oben (§. 66) angegeben worden i Kamtſchatka und in der Hudſonsbai, aus gleichen Grün- ie vom Lande gegen das Meer gerichteten Weſtwinde[1], önland wehn ſieben Monate lang Nordwinde[2], und ebenſo pitzbergen, Jan Mayen und Nova-Zembla, wie dieſes aus erichten derjenigen hervorgeht, die daſelbſt überwintert . Bloſs im Herbſt wendet ſich der Wind nach den An- von Scoresby[3], Cranz[4], Mackenzie[5] und Anderen SW. und S., und erzeugt dann die dortigen ſehr heftigen e. Sind dieſe vorüber, ſo folgen die nördlichen Winde arkem Froſte, wobei indeſs eine ausnehmende, die Kälte erleichternde Ruhe der Atmoſphäre ſtatt findet. Cranz tet, daſs nach den Herbſtſtürmen oft zwei bis drei Mo- öllige Ruhe und Heiterkeit der Luft herrſcht, v. Lede- [6] findet den ſibiriſchen Winter weit erträglicher, als den minder hohen Breiten, weil Windſtille und heiterer Him- errſcht, die Theilnehmer an den Expeditionen von Parry loss klagten über empfindliche Kälte nur dann, wenn der wehte, und Guthrie[7] bemerkt, daſs in den nördlichen cten Ruſslands Hagelſchauer und Stürme im Winter unter eltenheiten gehören, indem die Natur ihre Gaben überall mäſsig vertheilt zu haben ſcheine, ſofern in den nördli- Gegenden anhaltende Heiterkeit des Himmels zum Erſatz ichlichen Erzeugniſſe diene, welche die Hitze der Sonne der äquatoriſchen Zone hervorrufe, die aber häufig auch Beute verheerender Stürme würden.

Pennant's arctic Zoologie. p. CXIII. u. 41.
Middleton's Vindication. p. 201.
Account cet. T. I. p. 412.
History of Greenland. T. I. p. 47.
Travels in Iceland during the Summer of 1810.
Nach mündlicher Mittheilung.
Ueber Ruſslands Klima in Edinb. Phil. Trans. T. II.

E. Wirkungen der Winde.

Verschiedene ältere Werke pflegen den Untersuchung über die Winde noch Betrachtungen über den Nutzen u Schaden derselben, so wie über ihren Einfluſs auf die Vege tion und das thierische Leben hinzuzufügen, allein die Phy scheint mir als ernste Wissenschaft allzuweit vorgerückt seyn, um sich auf dergleichen oberflächliche, sehr beka und wenig Nutzen bringende Betrachtungen einzulassen. Wi tiger dagegen ist der Zusammenhang der Winde und W richtungen mit sonstigen zur Meteorologie gehörigen Ers nungen. Dahin gehört vorzüglich der Einfluſs der Winde den Luftdruck, die Temperatur und die wässerigen Nied schläge, wovon hier noch mit wenigen Worten die Rede s möge, da die Hauptsachen schon früher ausführlich abgeh worden sind.

128) Es war bereits wiederholt die Rede von ungew lich tiefen Barometerständen bei heftigen Stürmen, und betrachtet ein schnelles und starkes Fallen des Quecksilb ein so sicheres Zeichen heftiger Winde, daſs sogar d wöhnlichen Barometerscalen am tiefsten Puncte die Bez nung: Sturm, haben. Aus der oben im ersten Abschnit gebenen Theorie könnte man folgern, daſs der Barometer allezeit der Geschwindigkeit des Windes correspondire, a dieses stimmt mit der Erfahrung nicht überein, theils w der drehenden Bewegung der Luftmassen, theils wegen Trägheitsgesetzes, vermöge dessen die einmal in Bewe befindliche Luft in diesem Zustande beharret, wonach es also ereignen kann, daſs zwei entgegengesetzte Winde g einander stoſsen, die zwischen ihnen befindliche ruhende mit dem Unterschiede ihrer Geschwindigkeiten bewegte L zusammendrücken, und auf diese Weise ein Steigen des Ba meters hervorbringen. Hiervon abgesehn folgt aber theoreti daſs solche Luftmassen, die bei ihrem Fortschreiten abgek werden, und dadurch an Elasticität abnehmen, ein Sinken Barometers veranlassen müssen, mit umgekehrtem Erfolg denen, die sich mehr erwärmen; und es läſst sich schlieſsen, daſs auf der nördlichen Halbkugel südliche W ein Sinken, nördliche dagegen ein Steigen des Barometers beiführen. Darf dieses als sicher begründet gelten, so

auch umgekehrt vom Barometerstande auf die herrschende
idrichtung schlieſsen, und man erhielte hiernach die *baro-*
ische Windrose, eine Bezeichnung, die, so viel ich weiſs,
st durch Dove eingeführt worden ist. Ueber die Sache selbst
bereits oben[1] die Rede, und es genügt daher, hier nur
nige nachzutragen, was seitdem neu hinzugekommen ist.

129) Sehr merkwürdig ist das Resultat, welches Kupffer[2]
ler Zusammenstellung der Barometer- und Windbeobach-
n zu Petersburg in den Jahren 1822 bis 1835 erhal-
at. Hiernach waren die mittleren Barometerstände in eng-
n Zollen.

i N.-Wind		29,917	bei	S.-Wind		29,925
- NO.	—	30,006	—	SW.	—	29,424
- O.	—	30,007	—	W.	—	29,908
- SO.	—	30,016	—	NW.	—	29,833.

Vindstille war die Höhe der Quecksilbersäule 30,048, und
iebt sich daher hieraus, daſs dort alle Winde deprimi-
auf das Barometer wirken, und zwar am stärksten die
W., am wenigsten die aus SO. wehenden. Im westli-
und mittleren Theile Europa's dagegen gehören den süd-
und westlichen Winden die niedrigsten, den nördlichen
stlichen dagegen die höchsten Barometerstände zu, doch
selbst einzelne Jahre nicht unbedeutende Abweichungen
ieser allgemeinen Regel. Zum Beweise können die noch
erwähnten Resultate der Beobachtungen dienen, welche
ll[3] in den Jahren 1831 und 1832 zu Neustrelitz an-
t hat. Hiernach war die Abweichung vom Mittel in
inien für die einzelnen Winde:

Jahr	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
831	1,81	1,20	0,58	0,00	−0,83	−1,78	−0,41	0,52
832	0,96	1,75	1,30	0,12	−0,90	−1,15	−0,34	−0,41
Mittel	1,38	1,48	0,94	0,06	−0,87	−1,47	−0,38	0,06

S. Art. *Meteorologie*. Bd. VI. S. 1960. *Barometer*. Bd. I. S. 935.
Biblioth. univ. de Génève. 1839. N. 41. p. 176. Edinb. New
ourn. N. LV. p. 83. Entnommen aus Kupffer et Wisniewski
ations météorol. faites à l'Acad. Imp. des Sc. de St. Petersburg.
2 — 1834. Pet. 1835. 4.
Berghaus Ann. der Erd- und Völkerkunde. 1833. N. 94 bis 96.

Digitized by Google

Zu den Orten, für welche die den verschiedenen Windr-
tungen zugehörigen Barometerstände bereits angegeben w
sind, können noch die von Dove[1] für Bützow, Petersburg
Reikiavig, und von O. Eisenlohr[2] für Danzig[3] berechn
und die verbesserten für Carlsruhe hinzukommen, die let
auf 12°,5 C. Temperatur reducirt.

	Bützow Par. Lin.	Petersburg engl. Zoll	Reikiavig Par. Lin.	Danzig Par. Lin.	Carlsruhe Par. Lin.
N.	338‴,79	28″,065	332‴,94	338‴,70	334[illegible]
NO.	38,21	28,148	32,01	38,64	34[illegible]
O.	38,35	28,149	31,99	38,77	34[illegible]
SO.	36,22	28,158	32,03	38,78	33[illegible]
S.	35,36	28,072	31,11	37,73	32[illegible]
SW.	35,90	28,071	30,65	36,34	33[illegible]
W.	36,97	28,054	33,46	37,15	33[illegible]
NW.	37,86	27,986	33,83	37,91	34[illegible]

130) Der Einfluſs der verschiedenen Windrichtungen
den Stand des Barometers wird nur durch Vereinigung
Beobachtungen gefunden, und es geht schon hieraus
daſs in einzelnen Fällen diejenigen Winde die Höhe der Q
silbersäule vergröſsern müssen, welche sie im Ganzen v
dern, und umgekehrt. Hierbei dringt sich von selbst di
auf, ob diese Ausnahmen von der im Allgemeinen beste
Regel nur an einzelnen Orten statt finden, oder über g
Strecken verbreitet sind. Die Beantwortung dieser Frage
über die Gesetze der Windrichtungen vieles Licht ver
und es lieſsen sich hierfür wohl Thatsachen aus der Zusamm
lung gleichzeitig an verschiedenen entlegenen Orten ange
Beobachtungen der Barometerstände und Windrichtungen,
mentlich aus den Mannheimer Ephemeriden, entnehmen,
dieses würde eine weitläuftige Arbeit erfordern, wozu h
geeignete Ort nicht ist, und auſserdem lassen sich v

1 Repertorium. T. IV. p. 205.

2 Untersuchungen über den Einfluſs des Windes u. s. w.
1827. 4. S. 40.

3 Beob. von Kleefeld von 1813 bis 1827. S. Poggendorff
XXXI. 465.

Digitized by Google

sten schärferen und zweckmäſsiger eingerichteten Beobach-
en ungleich genauere Resultate erwarten[1]. Es möge daher
ufig genügen, hier die Aufgabe in Anregung gebracht zu
, und noch folgende Bemerkung hinzuzufügen. Quete-
, von dessen eifrigen Bemühungen um Aufhellung der
orologischen Probleme sich mit Grund reiche Früchte er-
en lassen, hat die Beobachtungen vom 21sten Juni 1841
4 verschiedenen Orten zusammengestellt, und erhielt hier-
ür diesen Tag ein Steigen des Barometers im nördlichen
pa, hauptsächlich in Holland und Belgien, was aber in
Mitte Frankreichs und in Italien nicht der Fall war. Lyon
n der Hauptsitz von zwei vorzüglichen atmosphärischen
gungen zu seyn, deren eine zwischen 5 und 6 Uhr
ds, die andere um 2 Uhr des andern Nachmittags statt
Die eine zeigte sich im südlichen Frankreich, zugleich
ris und an einigen noch nördlichern Orten, und fiel
würdiger Weise mit einer Afficirung der magnetischen De-
ion zu Brüssel zusammen; die andere schien bloſs örtlich
yn, indem sie sich nur an nahe bei einander liegenden
zeigte. Am 21sten April desselben Jahres fiel Marseille
e Grenze der auf beiden Seiten einander entgegengesetzten
phärischen Schwankungen.

131) Mag man sich als Anhänger des allgemeinen Dre-
gesetzes der Winde bekennen, oder nur im Allgemeinen
e und äquatorische Luftströmungen annehmen, so folgt
eden Fall, daſs die aus niederen Breiten herkommenden
ner, die aus höheren dagegen kälter seyn müssen. Fänden
uftbewegungen in gerader Richtung statt, so würden die
inde Wärme, die Nordwinde aber Kälte bringen, die

Dove in Poggendorff's Ann. XXIV. 205 ff. Vergl. XI. 583.
588., hat hierüber folgende allgemeine Gesetze aufgestellt. Für
eiſse Zone ergiebt sich aus den zu Calcutta angestellten Beobach-
n, daſs die in den Wintermonaten wehenden Winde das Barome-
rheben, die in den Sommermonaten herrschenden dasselbe aber
drigen. In der gemäſsigten Zone sind die erhebenden Winde in
wärmeren Monaten die vorherrschenden, die deprimirenden aber im
er, wie dieses aus den Beobachtungen zu Paris hervorgeht. In
kalten Zone nach Berechnung der barometrischen Windrose für
illeinsel, Winterinsel und Port-Bowen hat der Wind auf das Ba-
eter keinen erheblichen Einfluſs.

2 Bulletin de l'Acad. Roy. de Bruxelles. T. VIII. N. 9.

Digitized by Google

Ost- und Westwinde dagegen mittlere Tamperatur haben; lein eine solche directe Beweguug findet nicht statt, und mit dem schnellen Wechsel der Windrichtungen in den mäſsigten und insbesondere den kalten Zonen unvereinbar. derer Gründe nicht zu gedenken. Bestimmt man demnach den verschiedenen Winden an gegebenen Orten zugehör Temperaturen, so erhält man deren von Dove so gena *thermische Windrose*. Hiervon war bereits oben[1] die R und es sind zu den daselbst mitgetheilten Bestimmungen so wichtige hinzugekommen, daſs ihre Aufnahme hier wäre[2]. Um aber an einem geeigneten Beispiele zu welchen Einfluſs die Winde auf die Temperatur in den zelnen Monaten haben, theile ich die von O. Eisenlo nach 45jährigen, zu Carlsruhe angestellten Beobachtungen haltene Tabelle der den Hauptwinden zugehörigen mit Temperaturen in Graden der 80theiligen Scale mit.

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.
Januar	—1°,94	— 3,00	— 2,87	— 0,79	2,00	2,40	0,80
Februar	0,70	— 0,55	0,60	2,61	4,12	3,69	2,68
März	3,34	3,06	3,64	3,70	8,85	5,72	5,38
April	7,19	8,48	8,44	12,41	9,53	8,77	9,15
Mai	11,66	12,47	13,39	14,81	13,80	12,09	12,65
Juni	13,90	14,70	15,33	15,14	15,47	13,84	14,48
Juli	14,88	16,21	17,11	18,01	16,27	15,24	15,98
August	14,51	15,68	16,17	16,27	15,58	14,91	15,53
Sept.	11,73	12,06	13,10	12,42	13,15	12,57	13,28
October	7,05	7,35	7,60	9,38	9,94	8,94	9,06
Nov.	2,57	2,05	1,97	4,30	6,22	5,35	4,92
Dec.	— 0,70	— 1,58	— 0,43	1,51	4,05	3,60	3,05
Winter	— 1,13	— 1,85	— 1,07	0,85	3,51	3,26	2,26
Frühl.	7,49	7,81	8,69	11,42	11,09	8,83	9,26
Sommer	14,38	15,50	16,12	16,80	15,81	14,72	15,37
Herbst	7,33	7,14	7,60	8,79	9,54	8,69	9,39
Jahr	7,90	6,64	6,81	9,76	10,09	8,80	9,77

1 S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 559. Die durch Dove zur rechnung der thermischen Windrose benutzte, von Hällström in Poggendorff's Ann. VIII. 131 ff. aufgestellte empirische Formel findet ebend. S. 561. Anm. 1.

2 Neuere Untersuchungen von Dove finden sich in dessen Repertorium u. s. w. Th. IV. S. 208.

3 Untersuchungen über den Einfluſs des Windes u. s. w.

Digitized by Google

die Gröſse des Einflusses, welchen die Winde auf die
peratur ausüben, genauer zu schätzen, dienen die nachfol-
en, für die nämliche Zeit gefundenen mittleren Tempera-
ı, nebst den gröſsten positiven und negativen Abweichun-
von diesem Mittel, die positiven über, die negativen unter
m Mittel genommen, und den Winden, denen diese zu-
ren.

Zeit	Mittel	Gröſster positiver Unterschied	Wind	Gröſster negativer Unterschied	Wind
nuar	−0°,335	2°,739	SW.	2°,666	NO.
bruar	1,919	2,206	S.	2,614	N.
ärz	4,507	4,346	S.	1,547	NO.
pril	8,543	3,965	SO.	1,350	N.
ai	12,469	2,344	SO.	0,807	N.
ni	14,300	1,169	S.	0,561	SW.
li	15,697	2,316	SO.	0,818	N.
gust	15,297	0,974	SO.	0,782	N.
ptember	12,546	0,732	W.	0,816	N.
tober	8,272	1,665	S.	1,217	N.
vember	4,055	2,169	S.	2,080	O.
cember	1,648	2,398	S.	2,080	O.
inter	1,061	2,449	S.	2,909	NO.
ühling	8,534	2,884	SO.	1,040	N.
mmer	15,110	1,695	SO.	0,729	N.
rbst	8,258	1,284	S.	1,113	NO.
ır	8,288	1,807	S.	1,643	NO.

llgemeinen bringen also die nördlichen Winde Kälte, die
hen dagegen Wärme. Merkwürdig hierbei ist aber, daſs
Unterschiede in den Sommermonaten am geringsten, in den
ermonaten am stärksten sind, und daſs namentlich die ne-
n in dieser Beziehung fast ganz regelmäſsig ab- und zu-
en, indem zugleich die gröſsere Kälte durch östliche
le herbeigeführt wird. Sehr genau übereinstimmend mit
was Dove[1] aus den zu London angestellten Beobachtun-
ntnommen hat, leitet Eisenlohr[2] aus seinen Untersu-
gen folgende allgemeine Sätze ab:

Poggendorff's Ann. XXXI. 561.
A. a. O. S. 58.

Digitized by Google

a) Diejenigen Winde, denen ein höherer Barometerstand zugehört, führen eine niedrigere Temperatur herbei, und um-gekehrt; die barometrische und thermometrische Windrose sind also einander entgegengesetzt, doch wird der Unterschied bei der thermometrischen in den heiſsen Monaten geringer, und die höhere Temperatur gehört mehr den nördlichen und östlichen, die niedere mehr den südlichen und westlichen Winden an. Wir dürfen dieses wohl mit Sicherheit als eine Folge der gleichzei-tig statt findenden Regenverhältnisse betrachten.

b) Das Maximum des Barometerstandes fällt gewöhnlich auf den Wind, bei welchem das Minimum der Tempe-eintritt, und umgekehrt, mit Ausnahme der wärmeren Mo-worin das Maximum der Temperatur mehr nach O. rückt, also vor dem Minimum des Barometerstandes vorausgeht.

c) Die Wärme nimmt bei fallendem Barometer und ö-chen Winden zu, bei steigendem Barometer dagegen, und westlichen Winden ab, ein Gesetz, welches im Win-deutlichsten hervortritt, weil dann die Witterung von de-schenden Winden am meisten abhängt.

132) Die theoretische Windrose läſst sich überall wohl von derjenigen trennen, die den wässerigen Nieder-gen zugehört, und welche man allgemein die *hygrom-* nennen könnte; eine Bezeichnung, die jedoch noch nicht geführt worden ist. Dieses geht aus der bekannten Erfah-hervor, daſs die südlichen Winde neben der höheren W-zugleich Regen bringen. Inzwischen ist diese Sache durchaus einfach, weil die atmosphärischen Niederschläge der Temperatur im genauesten Zusammenhange stehn, in cher Beziehung Dove[1] mit Recht sagt, daſs beide gegenseitig bedingen. Wird die Aufgabe in ihrem ganzen fange aufgefaſst, so gehört dahin zuerst die Frage, in w-die verschiedenen Winde die *Verdunstung* mehr oder we-befördern. Höhere Temperatur, geringe Dichtigkeit und Tr-kenheit der Luft sind die vorzüglichsten Beförderungsmittel Dampfbildung, und die Verdunstung wird daher bei wa-und trocknen Winden, denen zugleich ein niederer Baro-stand zugehört, am stärksten seyn, wobei jedoch der Un-

---

1 Poggendorff's Ann. XXXI. 545.

l des Luftdruckes im Verhältniſs zu den beiden andern gungen so wenig wirksam ist, daſs er füglich vernacht werden kann. Den gröſsten Einfluſs äuſsert die Wärme, leswegen ist die Verdunstung nach den bereits mitgetheilrfahrungen[1] im Sommer ungleich stärker, als im Winter; influſs der Winde dagegen hängt zu sehr von localen Bengen ab, je nachdem sie zugleich trockene [oder feuchte herbeiführen, als daſs sich hierüber etwas Allgemeines llen lieſse. Verhältniſsmäſsig giebt es nur wenige Beobigen über die Stärke der Verdunstung, weil sie zu den erigern gehören, und man nicht leicht solche Resultate , in denen die einzelnen wirkenden Ursachen sich von irkenden getrennt mit Sicherheit erkennen lassen, noch r aber sind solche, bei denen zugleich die Richtung der henden Winde bemerkt wurde, und ich nehme daher um er diejenigen auf, welche Sauvanau[2] im Jahre 1838 zu ambert unter 45° 57′ N. B. und 3° 6′,5 östl. L. von angestellt und bekannt gemacht hat. Das Mittel der nstung an den 146 heiteren Tagen des Jahres betrug in etern:

S.-Wind	8,15	Millim.	Bei SW.-Wind		5,56
W. —	6,89	—	— NW.	—	5,50
N. —	6,41	—	— O.	—	5,27
NO. —	5,81	—	Im Mittel		6,51.

ch war die Verdunstung bei S.-Wind am stärksten, bei Vind dagegen am schwächsten, ein Resultat, welches chwerlich an allen Orten des westlichen Europa's auf Weise herausstellen dürfte, am wenigsten in den nördGegenden, wo die östlichen Winde meistens zugleich und trocken sind.

33) Hauptsächlich hat Dove in einigen Abhandlungen[3] hängigkeit des Dampfgehaltes der Atmosphäre von den enden Winden nachgewiesen, und daher später den Ausatmische *Windrose* in Vorschlag gebracht. Die Auf-

S. Art. *Verdunstung.* Bd. IX. S. 1745.

Essais de Météorologie comparée. In Ann. des Sc. phys. et nat. et d'industrie de la Soc. de Lyon.

Poggendorff's Ann. XVI. 385 u. 293. XXIV. 211.

gabe beruht auf dem Satze, daſs das atmosphärische Flüssigkeit, welches auf das Quecksilber des Barometers drückt, aus zwei elastischen Körpern, der trocknen Luft und dem Wasserdampfe, besteht. Kennt man daher durch hygrometrische Messungen den Gehalt der Atmosphäre an Wasserdampf, und dessen durch die Temperatur bedingte Elasticität, so wird letztere von der gleichzeitigen Barometerhöhe abgezogen, und der Rest dann als Folge des Druckes der trocknen Luft zu betrachten. Hierbei tritt die Frage ein, bei welchen Winden die Elasticität des atmosphärischen Wasserdampfes gröſser oder kleiner ist, und dieses giebt die atmische Windrose (von ἀτμός, Dampf, Dunst). Aus leicht begreiflichen Gründen kann die Frage nur für diejenigen Orte beantwortet werden, wo die gleichzeitige, barometrische, hygrometrische Beobachtungen neben denen der Windrichtungen bekannt sind, und Dove wählt daher die durch Daniell[2] vom Sept. 1819 bis 1822 zu London angestellten. Die zur Eliminirung der ... gebrauchten Formeln sind folgende, wenn p den Druck der trocknen Luft, e die Elasticität des Wasserdampfes, B den Barometerstand und x den vom Nullpuncte der Windrose von N. durch O. nach S. und W. gezählten Winkel des Windes bezeichnet.

$$p_{(x)} = a + a' \mathrm{Sin.}(x + \alpha') + a'' \mathrm{Sin.}(2x + \alpha'')$$

$$e_{(x)} = b + b' \mathrm{Sin.}(x + \beta') + b'' \mathrm{Sin.}(2x + \beta'')$$

$$B_{(x)} = c + c' \mathrm{Sin.}(x + \gamma') + c'' \mathrm{Sin.}(2x + \gamma'').$$

Hierin sind $p_{(x)}$; $e_{(x)}$; $B_{(x)}$ die der trocknen Luft, dem Wasserdampfe und beiden vereint für einen Wind von der Richtung = x zugehörigen Barometerstände, wonach $(p_{(x)} + e_{(x)}) = B_{(x)}$ ist. Die Gröſsen a, b, c sind die für alle Winde gefundenen Mittel, die Gröſsen a′, b′, c′ und a″, b″, c″, so wie α′, β′, γ′ und α″, β″, γ″ werden aus den Beobachtungen entnommen. Es ist dann ferner

1 Poggendorff's Ann. XVI. 286.

2 Aus Essay's and Observations. 2te Aufl.

Digitized by Google

$$c = a + b,$$
$$c' \operatorname{Cos}.\gamma' = a' \operatorname{Cos}.\alpha' + b' \operatorname{Cos}.\beta',$$
$$c' \operatorname{Sin}.\gamma' = a' \operatorname{Sin}.\alpha' + b' \operatorname{Sin}.\beta',$$
$$c'' \operatorname{Cos}.\gamma'' = a'' \operatorname{Cos}.\alpha'' + b'' \operatorname{Cos}.\beta'',$$
$$c'' \operatorname{Sin}.\gamma'' = a'' \operatorname{Sin}.\alpha'' + b'' \operatorname{Sin}.\beta''.$$

Daniell's Beobachtungen entnommenen Gröſsen sind:

Winde	Trockne Luft	Elast. des Dampfes	Atmosphär. Druck	Anzahl
NO.	29″,716	0″,304	30″,020	402
O.	29,674	0,334	30,008	240
SO.	29,463	0,414	29,877	333
S.	29,314	0,436	29,750	207
SW.	29,370	0,418	29,788	666
W.	29,474	0,379	29,853	654
NW.	29,547	0,331	29,881	519
N.	29,633	0,316	29,949	264

us entwickelten, von den Beobachtungen nur unbe- abweichenden und daher mit Sicherheit anzuwenden- ieln sind, gleichfalls in englischem Maſse:

$$= 29'',52387 + 0'',18314 \operatorname{Sin}.(x + 58^\circ\, 16')$$
$$+ 0'',05373 \operatorname{Sin}.(2x + 290^\circ\, 43'),$$
$$= 0'',36687 + 0'',06675 \operatorname{Sin}.(x + 254^\circ\, 58')$$
$$+ 0'',01172 \operatorname{Sin}.(2x + 123^\circ\, 41'),$$
$$= 29'',89075 + 0'',12089 \operatorname{Sin}.(x + 49^\circ\, 10')$$
$$+ 0'',04329 \operatorname{Sin}.(2x + 287^\circ\, 9').$$

langt durch seine Untersuchungen zu folgenden, aller- rkwürdigen Resultaten, die jedoch nur für London yn können, wo die Beobachtungen angestellt wor-

uf der Westseite der Windrose nimmt der Druck der Luft zu, auf der Ostseite ab.

uf der Westseite der Windrose nimmt die Elasticität serdampfes ab, auf der Ostseite zu.

a auf der Westseite die Zunahme des Druckes der Luft gröſser ist, als die Abnahme der Elasticität

Digitized by Google

des Wasserdampfes, und auf der Ostseite die Zunahme Elasticität des Wasserdampfes geringer ist, als die Abn des Druckes der trocknen Luft, so steigt das Barometer, w ches beide Veränderungen zugleich angiebt, mit westl Winden, und sinkt mit östlichen.

134) Für Halle hat Kämtz[1] aus seinen Beobachtungen den Jahren 1834 bis 1837 folgende atmische Windrose funden:

NO. . . .	2''',91	SW. . . .	3''',31
O. . . .	3,06	W. . . .	3,22
SO. . . .	3,24	NW. . . .	3,06
S. . . .	3,47	N. . . .	2,98,

wonach also die Elasticität des atmosphärischen Wasser bei NO.-Wind ihr Minimum hat, dann mit der regelm Drehung der Winde steigt, bei S. ihr Maximum erreicht bis zum Anfangspuncte regelmäſsig abnimmt.

135) Hygrometrische Messungen sind ungleich als die Bestimmungen der Reinheit oder Trübung des verbunden mit gleichzeitigen Beobachtungen der Win gen, und es unterliegt zugleich keinem Zweifel, daſs aus diesen die atmische Windrose für die gegebenen Or den läſst. Letzteres ist namentlich durch Eisenlohr Carlsruhe nach 45jährigen Beobachtungen geschehn. war die den verschiedenen Winden zugehörige mittl bung:

---

1 Dove's Repertorium. Th. IV. S. 245.

2 Untersuchungen über den Einfluſs des Windes u. s. w.

Zeit	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
ınuar	2,98	2,27	2,06	2,80	3,27	3,31	3,22	3,13
ebruar	2,41	1,87	2,09	2,47	3,12	3,13	3,03	3,12
ärz	2,63	1,31	1,34	1,92	2,64	2,97	2,78	2,82
pril	2,12	1,37	1,52	1,82	2,71	2,71	2,62	2,58
ai	2,27	1,39	1,15	1,90	2,44	2,69	2,45	2,24
ıni	2,07	1,38	1,33	2,27	2,57	2,74	2,43	2,23
ıli	2,00	1,12	1,17	1,52	2,17	2,61	2,32	2,13
ugust	1,72	1,08	1,00	1,84	2,11	2,42	2,35	1,87
ptember	1,91	0,92	0,94	1,77	2,12	2,65	2,49	2,40
ctober	2,53	1,82	1,63	1,57	3,68	2,76	2,70	2,75
ovember	2,96	2,44	2,33	2,75	3,06	3,21	3,13	3,15
ecember	2,68	2,64	2,53	3,20	3,26	3,37	3,26	3,10
inter	2,70	2,28	2,24	2,78	3,22	3,28	3,17	3,12
ühling	2,33	1,47	1,33	1,87	2,55	2,80	2,61	2,56
ımmer	1,96	1,20	1,16	1,79	2,26	2,54	2,36	2,09
erbst	2,44	1,74	1,63	1,92	2,66	2,90	2,75	2,70
hr	2,31	1,70	1,65	2,06	2,66	2,90	2,68	2,54

ebersicht ergiebt, daſs die Bewölkung unter allen Mona- August am geringsten, im December am stärksten ist. ıtlichsten geht dieses aus einer Zusammenstellung der n Trübungen und der positiven sowohl, als auch der en Unterschiede dieser und der den einzelnen Winden rigen hervor, wenn die ersteren angeben, wie viel die he Trübung über der mittleren, die letzteren aber, wie unter derselben betrug.

Digitized by Google

Zeit	Mittel	Gröſster positiver Unterschied	Wind	Gröſster negativer Unterschied	Wind
Januar	2,835	0,475	SW.	0,753	O.
Februar	2,685	0,446	SW.	0,816	NO.
März	2,397	0,577	SW.	1,053	O.
April	2,198	0,519	SW.	0,823	NO.
Mai	2,124	0,571	SW.	0,969	O.
Juni	2,197	0,547	SW.	0,866	O.
Juli	2,122	0,492	SW.	1,004	NO.
August	1,955	0,463	SW.	0,952	O.
September	1,989	0,666	SW.	1,065	NO.
October	2,356	0,402	SW.	0,783	SO.
November	2,926	0,283	SW.	0,593	O.
December	3,053	0,315	SW.	0,524	O.
Winter	2,866	0,410	SW.	0,629	O.
Frühling	2,239	0,559	SW.	0,905	O.
Sommer	2,091	0,447	SW.	0,934	O.
Herbst	2,427	0,471	SW.	0,798	O.
Jahr	2,403	0,495	SW.	0,754	O.

Hiernach sind die Ost- und Nordostwinde die trocke[...] Südwestwind ist aber der feuchteste; die geringste mit[...] wölkung fällt in den August, im September aber [...] Südwestwind die stärkste, der Nordostwind die gering[...] wölkung. Die zur Berechnung der gesuchten Gröſse[...] wandte Formel ist mit Beibehaltung der oben gebrauch[...] zeichnungen, wenn $C_{(x)}$ die der gegebenen Windricht[...] gehörige Stärke der Trübheit des Himmels, C die aus [...] obachtungen entnommene mittlere bezeichnet, c′ und c″, [...] γ'' aber aus den Beobachtungen zu bestimmen sind:

$$C_{(x)} = C + c' \text{Sin.}(x + \gamma') + c'' \text{Sin.}(2x + \gamma'' \ldots$$

In Zahlengröſsen wird für das ganze Jahr:

$$C_{(x)} = 8{,}701 + 6{,}89897 \text{ Sin.}(x + 207° 25') \\ + 1{,}33591 \text{ Sin.}(2x + 356° 14')$$

136) Der Einfluſs der Winde auf die Regenmenge [...] verschiedenen Orten ist so bedeutend und daher so [...] daſs man häufig von Regenwinden redet. Hierüber ist oben[1] gehandelt worden, und daher möge nur noch bemerkt [...]

1 S. Art. *Regen.* Bd. VIII. S. 1265.

Digitized by Google

daſs sich hiernach auch eine *hyetometrische Windrose* llen lieſse, welcher Name indeſs bis jetzt gleichfalls noch ıufgenommen worden ist. Es unterliegt hierbei keinem Zwei- aſs es am zweckmäſsigsten ist, die wässerigen Meteore im neinen zu berücksichtigen, weil dann die Untersuchungen uf alle Gegenden der Erdoberfläche und zugleich auf alle zeiten beziehn können. In diesem weiteren Umfange ist ufgabe früher jederzeit aufgefaſst worden und auch bei ıRD's [1] Angaben der Regenmengen für London ist vom Er- s der sämmtlichen Hydrometeore die Rede. Aus diesen ovE [2] folgende Tabelle über die den verschiedenen Win- ugehörigen Regenmengen berechnet, die ich hier mit-

eit	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
ıar	2,63	2,87	4,09	3,78	3,01	13,27	6,37	2,74
ruar	0,51	2,06	2,24	3,54	2,44	12,49	4,86	7,53
z	1,19	1,80	1,60	3,62	2,39	13,51	3,42	5,69
il	1,36	7,74	6,76	3,14	2,31	9,05	4,52	5,71
	1,71	10,66	4,65	3,47	4,47	13,17	2,55	4,21
	2,06	4,38	1,63	2,63	2,92	13,53	4,46	6,62
	0,95	3,03	3,17	2,11	2,66	16,06	10,76	9,35
ust	1,65	3,68	1,69	4,28	2,02	16,83	4,39	14,88
ember	2,54	4,22	1,19	4,01	3,33	17,27	7,35	7,72
ber	0,90	5,53	4,01	8,60	7,06	18,38	5,67	5,14
ember	3,03	5,04	3,08	4,30	3,59	20,62	5,04	5,06
mber	0,46	3,70	3,03	7,40	4,12	20,85	5,79	4,75
ter	3,60	8,63	9,36	14,72	9,57	46,61	17,02	15,02
ling	4,26	20,20	13,01	9,23	9,17	35,73	10,49	15,61
mer	4,66	11,09	6,49	9,02	7,60	46,42	19,61	30,85
ıst	6,47	14,79	8,28	16,91	13,98	56,27	18,06	17,92
	18,99	54,71	37,14	49,88	40,32	185,03	65,18	79,40

bemerkt, daſs die hier erhaltenen Zahlen zwar nicht für genau gelten können, was schon deswegen nicht an- weil die Beobachtungen nicht für diesen speciellen Zweck llt wurden, inzwischen so viel aus ihnen unverkenn- vorgeht, daſs die gröſste Wassermenge durch Südwest-

The Climate of London deduced from meteorological observations the metropolis and at various places around it. London 1832. . 8.

Poggendorff's Ann. XXXI. 572.

Digitized by Google

winde herbeigeführt wird. Eben hierzu gelangte auch O.
senlohr[1] durch Zusammenstellung der Carlsruher Beobacht
gen, und es läſst sich hierauf mit groſser Wahrscheinlich
die Folgerung gründen, daſs dieses nämliche Gesetz für
ganze westliche Europa gilt, was dann sehr zu Gunsten
Drehungsgesetzes der Winde entscheidet, insofern daraus
vorgeht, daſs die südlichen feuchteren und wärmeren Luft
sen nach ihrer westlichen Umdrehung theils durch Wärme
lust im Allgemeinen, theils durch Vermengung mit den kä
nördlichen Luftmassen abgekühlt werden und das ent
Wasser abgeben. Eisenlohr hat zwar die verschieden
ten der Niederschläge, Nebel, Regen, Schnee und Hagel,
zeln zusammengestellt, allein zugleich auch alle vereint.
Letzteres allein verdient hier aufgenommen zu werden.
der von ihm gewählten Methode sind die in der nachfo
den Tabelle enthaltenen Zahlen die Quotienten, welche
erhält, wenn man die gesammte Zahl der beobachteten W
durch die Zahl der bei ihnen eingetretenen Regen di
wonach also die geringsten Werthe den gröſsten Regen
zugehören. So wurden z. B. 4594mal Nordwinde un
gleichzeitige wässerige Niederschläge aufgezeichnet, was fü
ganze Jahr $\frac{4594}{840} = 5{,}469$ giebt, d. h. Nordwinde w
5,469mal, ehe einmal ein wässeriger Niederschlag mit
verbunden war[2].

---

1 A. a. O. S. 76 ff.

2 Die andere Methode, wonach die Verhältniſszahlen die
der bei den genannten Winden statt findenden Regen ausdrück
wegen der leichteren Uebersicht den Vorzug verdienen.

Digitized by Google

t	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
	4,81	11,57	12,06	5,10	4,56	2,64	2,84	3,19
r	4,67	12,85	11,44	3,80	3,77	2,67	3,47	2,92
	4,54	12,14	13,91	8,67	3,13	2,49	3,24	3,12
	4,80	11,65	14,70	4,75	2,54	2,85	3,50	3,89
	5,08	10,69	27,85	4,36	3,29	2,68	4,13	5,68
	6,41	14,60	10,26	3,33	2,44	2,69	3,37	5,07
	6,86	17,13	11,60	7,00	3,27	2,94	3,94	4,42
t	6,76	20,40	30,89	7,00	3,56	3,36	3,66	5,87
ber	6,67	29,31	32,30	6,67	3,92	2,85	4,32	4,62
r	5,63	11,44	18,06	8,90	3,48	3,25	3,34	3,97
ber	5,94	7,07	9,84	6,29	2,95	2,50	3,05	5,00
ber	4,68	8,20	14,64	4,17	3,05	2,44	3,78	4,75
r	4,72	10,43	12,67	4,38	3,60	2,57	3,32	3,52
ng	4,80	11,48	17,29	5,09	2,98	2,66	3,61	3,94
er	6,64	16,99	14,64	5,68	3,08	2,99	3,84	4,99
t	6,08	11,34	16,05	7,52	3,38	2,81	3,55	4,40
	5,47	11,92	14,88	5,63	3,24	2,75	3,60	4,22

aus dieser Tabelle hervorgehenden Resultate lassen deutlichsten übersehn, wenn man sie mit den mittle- sen vergleicht, welche für alle Windrichtungen fol- nd:

it	Mittel	Zeit	Mittel	Zeit	Mittel
r	4,160	Juli	4,280	Winter	3,915
ar	3,923	August	4,835	Frühling	4,274
	4,019	September	4,928	Sommer	4,457
	4,315	October	4,787	Herbst	4,328
	4,514	November	3,560	Jahr	4,235
	4,305	December	3,700		

ch sind die Hydrometeore in den einzelnen Monaten ziem- eich zahlreich, am seltensten im August, September und r, am häufigsten im November, demnächst im Decem- nter den Jahreszeiten hat der Sommer die wenigsten Nie- läge, dann folgt der Herbst, und der Winter hat die n. Unter den Winden hat in allen Jahreszeiten der SW. eisten, dagegen der O. und im Sommer der NO.-Wind enigsten, auch bringen überhaupt die Winde der westli- Seite der Windrose die meisten, die der östlichen die wenig- Hydrometeore. Es lieſse sich noch die Untersuchung an-

reihen, welche Winde am häufigsten in Stürme ausarten, a hierüber sind gelegentlich schon verschiedene Angaben be bracht worden; wollte man aber die Aufgabe bis zur Unt chung der ungleichen Stärke der verschiedenen Winde dehnen, so fehlt es hierzu noch an den erforderlichen B achtungen.

137) Auch der Mond soll nach Schübler[1] einen Ei auf die Windrichtungen haben, und wenn sich dieses b tigte, so würden wir hiernach auch eine *lunarische Wi* erhalten. Zur Begründung jener Behauptung dienen 16 zu Augsburg angestellte Beobachtungen, aus denen fo Resultate hervorgehn, wenn zu den nördlichen Winde N., NO., zu den westlichen SW., W., NW. u. s. w zählt und die mittleren Windrichtungen nach der Lam schen Formel gefunden werden.

Tag des	Verhältniſs der nördl. zu südl. Winden	Verhältniſs der östl. zu westl. Winden	Mittlere Wind…
Neumonds	100 : 108,4	100 : 120,4	19° 0′ oder SSW.
ersten Viertels	100 : 108,8	100 : 149,4	55 58 oder SW. g
zweiten Octanten	100 : 118,8	100 : 160,4	78 34 oder W. g
Vollmonds	100 : 106,9	100 : 159,2	85 37 fast W.
letzten Viertels	100 : 106,9	100 : 112,8	90 0 W.

Diese Resultate sind aus folgenden beobachteten Windri gen entnommen:

Tag des	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.
Neumonds	6,5	18,5	44,5	13,0	17,0	28,0	45,0
ersten Viertels	8,0	12,5	40,0	17,0	17,5	24,5	55,0
zweiten Octanten	7,0	16,0	33,0	18,0	12,5	23,0	62,5
Vollmonds	11,5	15,5	35,5	16,5	12,5	25,0	59,0
letzten Viertels	12,0	29,5	41,5	10,5	13,5	35,0	38,5

Auch die Apsiden sollen auf die Windrichtung einen E ausüben, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

1 Untersuchungen über den Einfluſs des Monds auf die Ve rungen unserer Atmosphäre. Leipzig 1830. S. 23. Vergl. Art *teorologie*. Bd. VI. S. 2052.

Digitized by Google

Tag	Verhältniſs der nördl. zu südl. Winden	östl. zu westl. Winden	Mittlere Windrichtung
Erdnähe	100 : 138,0	100 : 142,3	72° 28′ oder WSW.
h der Erdnähe	100 : 93,8	100 : 160,5	90 10 oder W.
Erdferne	100 : 138,0	100 : 147,4	54 8 od. SW. gen W.
h der Erdferne	100 : 104,7	100 : 123,0	78 16 oder WSW.
age nach d. E.	100 : 100,0	100 : 119,4	97 46 oder W. gen N.
age nach d. E.	100 : 88,0	100 : 107,3	126 14 od. NW. gen W.

Beobachtungen, aus denen diese Resultate hervorgehn, sind ende, wenn wir die vorstehenden 6 Bestimmungen durch B, C, D, E, F bezeichnen.

Tag	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
A	5,0	22,0	40,0	17,0	14,5	32,0	61,5	19,0
B	7,5	21,5	35,5	16,5	14,0	30,5	51,5	36,0
C	6,5	17,5	38,5	21,0	15,0	37,5	54,0	22,0
D	9,0	21,5	47,0	16,0	14,5	25,5	55,5	23,0
E	18,0	23,5	44,0	15,0	12,0	33,5	47,0	19,0
F	11,0	29,0	41,0	19,0	12,5	28,0	40,5	27,0

us diesen Bestimmungen wirklich ein Einfluſs des Mon- auf die Windrichtungen folge, ist keineswegs leicht zu heiden, wenigstens nicht durch die hier gegebenen Zu- nenstellungen. Die mittlere Windrichtung zu Augsburg ist den oben angestellten Untersuchungen ohne Zweifel eine westliche, mit gröſserer oder geringerer Abweichung nach n und auch etwas nach Norden. Eben diese erhalten wir für die verschiedenen Mondphasen und die Apsiden; die gen etwas hervorstechenden Unterschiede zeigen sich beim nonde durch die stark westliche und am 3ten Tage nach Apogeum durch die überwiegend nördliche Richtung. Um hieraus auf einen Einfluſs des Mondes zu schlieſsen, müſs- die Richtungen für die gl·ichen Tage, an denen kein nond und kein Apogeum statt fand, gesucht und die er- nen Resultate mit den hier gefundenen verglichen werden. aber hierbei so leicht mögliche Zufälligkeiten auszuschei- müſsten nothwendig vieljährige genaue Beobachtungen anden seyn. Weitere Untersuchungen zur Begründung

Digitized by Google

oder Widerlegung dieser Hypothese sind mir nicht bekannt geworden.

M.

Windbüchse.

Sclopetum pneumaticum; Fusil à vent, arquebuse à vent; *Air-gun, Wind-gun.*

Die Construction der Windbüchse beruht auf der Elasticität der atmosphärischen Luft, welche nach dem Mariotte'schen Gesetze der zusammendrückenden Kraft direct proportional ist. Daſs dieses Gesetz nicht bis zu den äuſsersten Grenzen nach beiden Seiten hin gültig seyn könne, ist zwar am gehörigen Orte[1] gezeigt worden, da aber noch niemals beim Gebrauche der Windbüchsen eine Abweichung von demselben in Folge einer Verwandlung der atmosphärischen Luft in eine tropfbare Flüssigkeit entdeckt worden ist, so wollen wir einstweilen dasselbe für unsern vorliegenden Zweck als bestehend annehmen, und später auf diese Frage wieder zurückkommen. Die verdichtete Luft strömt in den leeren oder mit verdünnterer Luft erfüllten Raume nach gewissen, gleichfalls bereits untersuchten[2] Gesetzen ein und treibt dann andere Körper mit einer ihrer Elasticität proportionalen Geschwindigkeit vor sich her. Haben diese Körper einmal eine gewisse Geschwindigkeit angenommen, so werden sie diese auch nach dem Aufhören des Druckes behalten und fortgeschleudert werden, bis der Widerstand der Luft ihre Bewegung aufhebt und die Schwere sie wieder mit der Erde in Berührung bringt. Hierauf beruht die Wirkung der Windbüchsen; die comprimirte Luft vertritt bei ihnen die Stelle des aus dem Schieſspulver durch Entzündung desselben entwickelten Pulvergases und es lassen sich daher auf sie die vielfach untersuchten ballistischen Gesetze anwenden.

Der *Erfinder* der Windbüchsen ist unbekannt, doch gehören sie wohl ohne Zweifel der neueren Zeit an, denn daſs die Alten sehr starke Zusammendrückungen der Luft versucht

---

1 S. Art. *Gas.* Bd. IV. S. 1035.
2 S. Art. *Pneumatik.* Bd. VII. S. 594 u. 690.

m sollten, wie Barlow[1] meint, läſst sich wohl nicht ihrer Kenntniſs des Heronsballs und Heronsbrunnens fol- ı; die Absperrung der verdichteten Luft geschah bei ihnen Anwendung des Wassers, und schwerlich erlaubte ihre ge- ere mechanische Kunstfertigkeit die Construction luftdichter ben und Ventile. Hätten sie stärkere Compressionen der für sich allein gekannt, so würde sie dieses sicher zur ntniſs des Mariotte'schen Gesetzes geführt haben. Die älte- Nachricht über die Windbüchsen hat Musschenbroek[2] etheilt, indem er erzählt, es befinde sich in der Waffen- nlung eines Deutschen, v. Schmettau, eine Windbüchse der Jahreszahl 1474. Ob es mit dieser Zahl, als eigentli- Jahreszahl der Erfindung, seine Richtigkeit habe, muſs l auf sich beruhn, inzwischen nennen die Nürnberger Chro- ıschreiber[3] einen gewissen Hans Lobsinger (starb 1570) enjenigen, welcher um das J. 1560 die Windbüchsen erfun- habe. Da Nürnberg um jene Zeit in allen Gegenständen der it, und namentlich auch der mechanischen Kunstfertigkeit, übrigen Städten voraus war, und alle neue technische dungen dort sehr bald bekannt wurden, keiner sich daher bereits gemachte leicht aneignen konnte, so darf man mit r Wahrscheinlichkeit den genannten Künstler für den ersten der halten. Bekannter wurden die Windbüchsen im Anfange 7. Jahrhunderts, indem ein französischer Künstler Marin e für Heinrich IV. verfertigte[4]. Bald nachher soll ein tler Kelner aus Nürnberg gröſsere Windbüchsen, eigent- Windkanonen verfertigt haben, deren eine nach Prin- ı in Schlesien kam, eine andere aber dem Könige drich August von Polen gehörte. Die letztere schoſs ne Kugeln von 4 ℔. Gewicht mit solcher Gewalt, daſs uf 400 Schritt Entfernung zwei Zoll dicke Breter durch-

---

Encyclopaedia metropolitana. Art. *Pneumatics.* p. 380.

Introductio in philos. Nat. T. II. p. 860. §. 2111.

Merkwürdigkeiten d. Stadt Nürnberg. S. 732. Kleine Chronik ergs. 1790. S. 68.

Musschenbroek a. a. O. bezieht sich auf Mersenne in phaenom. atica. prop. 32, Barlow dagegen a. a. O. auf Rivaut (David rius), welcher im Jahre 1607 zu Florenz florirte, nachher Lehrer c's XIII. wurde, und in seinen Élémens d'Artillerie diesen Marin isieux als Verfertiger solcher Windbüchsen nannte.

bohrte[1]. In den neueren Zeiten werden sie viel und auf ve[r-]
schiedene Weise verfertigt, doch ist die Menge derselben ve[r-]
hältniſsmäſsig nicht groſs, weil sie an den meisten Orten p[o-]
lizeilich verboten sind und hinsichtlich ihrer Behandlung, i[hrer]
Bequemlichkeit und ihres Effectes den Feuergewehren n[ach-]
nachstehn. Die mir, und zwar aus eigener Anschauung, b[e-]
kannt gewordenen wesentlichsten Constructionen derselben s[ind]
folgende drei, deren Unterschied nur auf der Anbringung d[es]
Behälters für die comprimirte Luft beruht.

Für die schlechteste Art halte ich diejenigen, die aus z[wei]
in einander steckenden Läufen bestehen, in deren Zwisch[en-]
raume die Luft comprimirt wird. Sollen diese Läufe eine [für]
den Luftdruck genügende Stärke der Wandungen haben, [so]
werden sie zu schwer, auch ist es nicht ohne Schwierigkeit[,]
so ausgedehnte Flächen völlig luftdicht herzustellen. Die Lä[ufe]
sind meistens der gröſseren Eleganz wegen von Messing, [ich]
diejenige, die ich untersucht, aber der Gefahr wegen nie [ge-]
geladen habe.

Nach einer zweiten, weit vorzüglichern Construction [ha-]
die Windbüchsen ganz die Gestalt einer gewöhnlichen le[ich-]
Jagdflinte; vor dem Bügel aber, unter welchem sich der Dr[ü-]
ker befindet, ist eine Kugel von 3 bis 4 Zoll Durchmesser [an-]
geschraubt, welche die comprimirte Luft enthält. Diese Ku[gel]
läſst sich abschrauben; auch kann man die Einrichtung m[achen,]
sie abzuschrauben und in der Tasche mit sich zu tragen, [wenn]
man die Waffe auf der Jagd gebrauchen und die Ents[tellung]
der gefälligen Form, welche durch die angeschraubte K[ugel]
nothwendig verursacht wird, vermeiden will[2].

Bei weitem am vorzüglichsten sind die sogenannten ty[roler]
Windbüchsen, wie sie namentlich in jenem Gebirgslande w[äh-]
rend des französischen Krieges häufig gebraucht wurden, [und]
übrigens von Seiten Napoleon's die Erklärung veranlaſste, [daſs]
diese Waffen gegen den völkerrechtlichen Gebrauch seyen. S[ie]
unterscheiden sich dadurch, daſs der Kolben den Luftbe[hälter]

1 Kundmanni Rariora naturae et artis. Sect. II. art. 40. Ve[rgl.]
Musschenbroek a. a. O.

2 Die Vorrichtung, die Luft in anzuschraubenden Kugeln zu co[m-]
primiren, ist nach Macbride Experim. Essays p. 81 eine Erfind[ung]
des Dr. Ellis.

Die ächten Windbüchsen dieser Art sind mit zwei
n versehn, deren eine angeschraubt ist, die andere aber
serve dient, um sie an die Stelle der ersteren zu setzen,
diese nicht mehr genügend comprimirte Luft enthält.
ewöhnlichen Windbüchsen haben Flintenläufe und die-
wohl für Schrot, als auch für Kugeln, die letztgenann-
ıd aber eigentliche Kugelbüchsen mit gezogenen Läufen.
dem haben sie ein Magazin mit 12 Kugeln denn die Luft-
r können so viel comprimirte Luft enthalten, daſs sie für
Zahl von Schüssen ausreicht. Dieses Magazin besteht aus Fig. 205.
Röhre von dünnem Weiſsblech g h, die neben dem Laufe,
parallel, angebracht ist. Durch den Lauf AB ist dann
schlieſsend, aber verschiebbar, das eiserne Parallelepipe-
n gesteckt, welches durch den Druck der starken Feder
der durch die Zeichnung angegebenen Lage erhalten wird
dessen Vertiefung die Kugel α liegt. Sobald man diese
ıossen hat, gleichzeitig mit dem Aufziehn des Hahns,
man mit dem Daumen gegen das Ende m des Schiebers
ingt dadurch die Oeffnung unter die untere Mündung der
die Kugel β fällt durch ihr Gewicht in die Vertiefung,
ler treibt den Schieber zurück und die Büchse ist wie-
aden[1]. Man sieht, daſs bei der Schnelligkeit, womit
eses bewerkstelligen läſst, diese Waffe unter geeigneten
ıden sehr gefährlich werden kann. Es giebt auſserdem
ine dieser ähnliche, mehr als Spielerei zu benutzende
ıction der Windbüchsen, wonach sie aus einem dünnen,
zierstock eingerichteten Laufe, oben mit einem kleinen
ınd Drücker, bestehn, dessen Krücke als Luftbehälter

ıs Laden der verschiedenen Luftbehälter geschieht mit-
ner einfachen Compressionspumpe, die meistens aus ei-
isernen Stiefel mit einem langen, genau schlieſsenden
ıs an einer eisernen Stange besteht. In der Regel sind
sen oben zwei Arme angebracht, um leichter zu com-

Diese Construction des Magazins scheint mir die einfachste und
ſsigste zu seyn. Als Erfinder der Vorrichtung, ein Magazin
ıgen, wird ein Künstler Namens Kolbe genannt. S. Rees Cy-
a. Art. *Air-gun*. Die Angabe ist entnommen aus Desaguliers
e Physique. T. II. Leç. XI. p. 451.

primiren, durch ein Oehr unten an der Kolbenstange ist al ein Querbalken gesteckt oder auf ihr festgenietet, um mit d Füſsen auf dessen beide Enden zu treten und somit den E bolus bequemer zurückzuziehn.

Alle verschieden eingerichtete Luftbehälter werden d ein Kegelventil genau verschlossen. Dieses besteht aus ein metallenen abgekürzten Kegel, mit dünnem Leder überzog den man beim Verfertigen gleich anfangs so fest in die kon Höhlung einpreſst, daſs er stets vollkommen luftdicht schl und durchaus keine Luft neben sich entweichen läſst. Ist Fig. 206. Behälter nicht gefüllt, so drückt ihn die in der Zeich sichtbare Spiralfeder ss an, beim fortgesetzten Laden wi durch die comprimirte Luft mit stets wachsender Gewalt fest in seine Höhlung gepreſst, daſs kein Entweichen der l möglich ist. Zum Oeffnen desselben beim Losschieſsen d der in der Zeichnung sichtbare stählerne Stift *a*, *a*, wel im Zustande der Ruhe die obere Fläche des Kegels ber rührt und mit seinem anderen Ende an dem in einer Nu schiebbaren Stücke Eisen mn festsitzt. Ist der durch ein starke Feder gespannte Hahn zurückgezogen, so kommt durch die Spitze des über diesem Stücke in der Zeich sichtbaren, sehr massiven stählernen Vorsprunges k am Ende des verschiebbaren Stückes, schlägt beim Abschnapp des Hahns mit groſser Gewalt gegen dieses und öffnet da das Ventil[1]. Inzwischen drückt dieser Schieber augenbli die unter ihm liegende Feder r etwas nieder, der Vorspru gleitet über dem Ende desselben wieder in seine anfäng Lage zurück, und die stark comprimirte Luft des Beh treibt nicht bloſs das Ventil, sondern mit diesem zugleich Stift und seinen Schieber mit groſser Gewalt zurück, so nur der zum Fortschleudern der Kugel erforderliche Anthei Luft entweicht.

---

1 Bei der Betrachtung der Windbüchsen wird man über durch die Wahrnehmung, daſs dieser dünne, kaum 0,75 Lin. im D messer haltende Stift das Ventil aufzuschlagen vermag, was bei nem ziemlich energischen Schlage mit einem mäſsig schweren Ha weicht. Es ist dieses als die Wirkung des bei raschem Abdrücken Hahns sehr schnellen Stoſses zu betrachten. Mit dieser Waffe lange Erfahrung Vertraute haben mich versichert, ein guter schlage das Ventil stets auf, wie stark auch die Verdichtung seyn m

Da die Wirksamkeit der Windbüchsen von dem Grade der ftverdichtung abhängt, so ist die nächste Frage, wie und zu welcher Grenze diese zu erreichen steht. Wäre das *riotte'sche* (richtiger *Boyle'sche*) *Gesetz* in seiner ganzen sdehnung gültig, so hätte die Compression, und somit die rksamkeit, dieses Geschosses keine Grenze; da aber dieses ht der Fall ist, so fragt sich nur, bis wie weit man die dichtung in der Wirklichkeit zu treiben vermag. Nehmen , um einen vorläufigen Anhaltpunct zu haben, die Elasti- t des bei der Explosion glühenden Schieſspulvergases im cimum zu 2000 Atmosphären an, so unterliegt es keinem ifel, daſs man Behälter zu verfertigen im Stande sey, wel- selbst diesen Druck auszuhalten vermögen; in der Wirk- keit wird man es aber nie bis dahin, wohl selten nur bis 100- oder 200fachen Verdichtung bringen. Aber auch n diese erfordert sehr feste Wandungen der Behälter, und st eine unverantwortliche, man darf wohl sagen polizeilich bare Nachlässigkeit, wenn Künstler nicht für hinlängliche ke solcher Behälter sorgen. Nehmen wir in hier allein zu- gen genäherten Werthen, die inzwischen wenigstens eini- Anhalt gewähren, den inneren Durchmesser eines gegebe- Behälters zu 3 Zoll oder ungefähr so an, daſs ein ausge- ittener, 1 Zoll breiter Streifen 9 Zoll Länge haben würde, setzen wir den Druck der Luft gegen 1 Quadratzoll = 15· so würde der Gesammtdruck einer Atmosphäre gegen einen nen Streifen 9.15 = 135 ℔. und von 100 Atmosphären 00 ℔. betragen. Nehmen wir die Cohäsionskraft des ge- enen Kupfers, um ganze Zahlen zu erhalten, zu 40500 ℔. ein Parallelepipedum von 1 Quadratzoll Durchschnittsfläche so würde dieser Druck eine Metallstärke von $\frac{40500}{13500} = 3$, von $\frac{1}{3}$ Zoll oder 4 Linien, für 200 Atmosphären 8 Linien für 300 Atmosphären 1 Zoll erfordern. Da den Erfah- gen nach die Gefäſse beim Drucke des Wassers, und hier- auch der Luft, eine stärkere Cohäsionskraft zeigen, als die angegebene Weise gefunden wird[2], so läſst sich im- nin annehmen, daſs 4 Lin. Metalldicke bei Kupfer und

1 Vergl. Art. *Cohäsion*. Bd. II. S. 146.

2 Vergl. Art. *Röhre*. Bd. VII. S. 1408.

Digitized by Google

2 Lin. bei gutem Schmiedeeisen für 100 Atmosphären genügen. Eine von mir untersuchte sehr schöne kupferne Kugel hatte nur 2,5 Zoll inneren Durchmesser, fast 4 Lin. Metalldicke, in der Mitte aber, wo beide Halbkugeln zuerst zusammengeschraubt und dann hart gelöthet waren, betrug die Metallstärke gegen einen Zoll; die Kolben der tyroler Windbüchsen haben am dickeren Ende etwa 2 Zoll, am dünneren 1,5 Zoll Durchmesser, gegen 3 Linien Metalldicke, die Ränder der zusammengebogenen Eisenplatte aber sind über einander gelegt, erst genietet und dann durch Schlagloth verbunden.

Um diese Haltbarkeit mit dem Grade der Verdichtung zu vergleichen, möge Folgendes dienen. Der Druck der atmosphärischen Luft gegen 1 Quadratzoll beträgt im mittleren genäherten Werthe 15 ℔. Wäre also die untere Fläche des Embolus von der Gröſse eines Quadratzolles, so würde die Compression der Luft zum Doppelten, mithin, da stets 1 Atmosphäre für den gleichen inneren und äuſseren atmosphärischen Druck abgeht, für eine Atmosphäre 15 ℔. betragen, ohne die zur Überwindung der Reibung und zum Aufſtoſsen des Ventils erforderliche Kraft in Anschlag zu bringen. Für 10 Atmosphären würden also schon 150 ℔. erforderlich seyn, und ein Mann könnte dieses selbst dann nicht erreichen, wenn er auch mit seinem ganzen Gewichte auf den Kolben drücken wollte. Wir wollen statt dieser Gröſse der Kolbenfläche, die man nicht leicht für Compressionspumpen überhaupt, geschweige denn für solche wählen wird, die zum Laden der Windbüchse bestimmt sind, ein anderes Maximum annehmen, bis zu welchem man wohl zu gehn pflegt, und die Fläche des Embolus auf $\frac{1}{3}$ Zoll herabsetzen, in welchem Falle der Druck einer Atmosphäre 5 ℔. und von 10 Atmosphären 50 ℔., also eine Gröſse beträgt, welche ein starker Mann füglich durch gewöhnliches Drücken erreichen könnte, allein er würde es auch dann auf keine Weise zu 100facher, ja selbst nicht zu 50facher Verdichtung bringen, wovon jene 500, diese also 250 ℔. erforderte. Die kleinsten Flächen der Kolben betragen wohl nie weniger, als $\frac{1}{6}$ Quadratzoll, wodurch jene Gröſsen auf 250 und 125 ℔. herabgehen, die aber gleichfalls, vorzüglich mit Rücksicht auf Reibung und Adhäsion des Ventils vermittelst bloſsen Druckes, auch durch den stärksten Mann nicht erreichbar sind [1]. Allein auf diese

1 Beiläufig möge bemerkt werden, daſs für $\frac{1}{3}$ Quadratzoll Fläche

durch gewöhnlichen, wohl gar langsamen Druck wer-
Behälter niemals geladen, vielmehr stöſst man den Em-
hnell im Stiefel nieder, und kann vermittelst solcher
r Stöſse eine ganz unglaubliche Verdichtung hervorbrin-
ein nicht eben starker, aber geübter und mit dem er-
hen Kunstgriffe vertrauter Mann vermag dann eine stär-
npression zu erreichen, als ein Athlet von herculischer
Ich selbst habe in jüngeren Jahren nie die Verdich-
zu der Grenze getrieben, daſs es mir unmöglich ge-
wäre, sie noch weiter fortzusetzen, und ein mit der
hr vertrauter Jagdliebhaber versicherte mich, er wollte
ischig machen, jeden ihm gegebenen Luftbehälter ohne
lerweitigen Mechanismus zu zersprengen, wenn dieses
ensgefahr geschehn könnte. Man hat auch Vorrich-
um mittelst eines Hebels die Compression zu bewerk-
ich habe indeſs eine solche nie gesehn, halte sie auch
ierig, weil man damit nicht so bequem stoſsen kann
Luft bei langsamerem Drucke leicht neben dem Kol-
eicht. Inzwischen geht hieraus so viel hervor, daſs
n die gut gemachten Behälter stark genug sind, um
Compression zu widerstehn, welche ein Mensch ohne
Vorrichtungen erreichen kann; allein die Gefahr droht
andern Seite. Wie das *Tachopyrion*[1] zeigt, wird
bis zur Entzündung durch starke, und namentlich
Compression der Luft erzeugt, und es ist daher leicht
daſs das durch anhaltende Stöſse der Pumpe ohnehin
el im Behälter sich entzündet, in welchem Falle je-
der allerstärkste, nothwendig zersprengt werden muſs.
cht erfordert daher, mindestens in Absätzen, etwa von
Kolbenstöſsen, zu laden, um eine zu starke Erhitzung
iden[2].

ıs der Halbmesser desselben 3,9 und für ½ nicht völlig 2,8
t.

gl. Art. *Wärme*. Bd. X. S. 229.

ıutsamkeit ist allezeit anzuwenden. Ich erinnere mich, daſs
les vorigen Jahrhunderts einem Officiere zu Cassel durch Zer-
eines Behälters die sämmtlichen unteren Rippen zerrissen
ıd ein Mechaniker, welcher Windbüchsen verfertigte, hatte vor
ıren ein ähnliches Schicksal; beide starben sehr bald an den
schrecklichen Verwundung.

Ohne eine auf genaue Gröſsenbestimmungen gegrün Vergleichung der Windbüchsen mit Schieſspulvergewehren zustellen, geht vorläufig so viel aus dem Gesagten hervor, jene den letzteren allerdings nachstehn. Inzwischen folgt aus keineswegs, daſs sie, wie Nollet[1] meint, als eine Spielerei zu betrachten sind, weil sie weder die Beque keit, noch die Sicherheit und Dauerhaftigkeit gewöhn Gewehre haben, nicht zu gedenken, daſs sie wegen des lenden Knalles als gefährliche Waffen zu bösen Zwecken nen können. In dieser letzteren Beziehung bemerkt Ge richtig, daſs dieses nur ein Miſsbrauch sey, weswegen lizeiliche Verbieten derselben sehr wohl zu rechtfertig daſs sie aber zum Vertilgen schädlicher Thiere an solchen ten, wo man vom Pulvergeschütze Feuersgefahr fürchtet, theilhaft gebraucht werden können. Das Laden der hälter ist allerdings eine mühsame und groſse Anstreng fordernde Operation, wozu die Besitzer derselben, die ihres nicht geringen Preises in der Regel zu den hö gebildetern Classen gehören werden, einen starken, Operation vertrauten und geübten Arbeiter anwenden Dieser Aufwand wird durch die Ersparung des Schie und des Reinigens der Pulvergewehre wohl ungefähr und auſserdem ist das Schieſspulver, auch wenn es sich im Gewehre befindet, immerhin eine Gefahr drohende Wollte man aber die Wirkungen der Windbüchsen herabsetzen und sie in dieser Beziehung für eine bloſse lerei halten, so streitet dieses gegen die Erfahrung. habe sicher nicht das Maximum der Effecte erreicht, fähig sind, dennoch trieben die von mir geladenen Wi Bleikugeln in einer Entfernung von 120 Fuſs durch Zoll dickes tannenes Bret, die dann gegen eine noch weiter abstehende steinerne Mauer um $\frac{1}{4}$ ihrer Dicke schlagen wurden, und in den Händen der tyroler wurden die Windbüchsen bekanntlich zu einer sehr chen Waffe[3]. Es wäre daher allerdings eine interessa

---

1 Leçons de Physique expér. T. III. Leç. X. Sect. I. Ch

2 Wörterbuch. A. A. Bd. IV. S. 771.

3 Die Angaben von Wolff in Voigt's Magazin Th. IV. und G. XII. 611 stimmen hiermit überein. Die Kugel drang

das Verhältniſs ihrer Wirkungen zum Grade der Com-
on empirisch zu ermitteln, was vielleicht aunähernd ge-
n könnte, wenn man nach der von Oersted zur Prüfung
Mariotte'schen Gesetzes angewandten Methode die leeren
dann die mit comprimirter Luft gefüllten Behälter wöge.
st nur ein Versuch bekannt, wobei diese Methode ange-
wurde, welcher übrigens zu einem höchst merkwürdigen
tate führt. Der durch seine Maſsbestimmungen und son-
physikalischen Forschungen bekannte M. F. Wild[1] lud
Kolben einer guten Windbüchse so lange, bis sich das
nicht mehr öffnen wollte, und legte ihn dann in Wasser,
n seinem festen Schlieſsen überzeugt zu seyn. Die Menge
rch eine gleiche Anzahl von Stöſsen eingepreſsten Luft
stets mehr ab, was aus dem Entweichen eines Antheils
dem Embolus und aus der gröſseren Dichtigkeit des
en der unteren Fläche des Embolus und dem Ventile
bleibenden Theiles sich leicht erklären läſst. Die Vermeh-
es Gewichts des Kolbens betrug

ch den ersten 100 Kolbenstöſsen	...	132	Gran,
— — zweiten — —	...	96	—
— — dritten — —	...	46	—
— — vierten — —	...	38	—
Ganzen durch 400 Kolbenstöſse	...	312	—

em gemessenen Inhalte des Kolbens und Lavoisier's[2]
nung des Gewichts der atmosphärischen Luft betrug die
tung ungefähr 36 Atmosphären. Dennoch drang die
n 34 Zoll langen Laufe geschossene, 4,5 Lin. im Durch-
haltende Kugel beim fünften Schusse auf 228 Fuſs Ent-
noch 0,75 Zoll tief in ein tannenes Bret, beim zwei-
l vierten schlug sie auf 120 Fuſs Entfernung durch ein
tannenes Bret.

---

m Hebelwerk geladenen Windbüchse bei 1 Fuſs Entfernung 2,5
in einen eichenen Balken und bei 200 Schritt Entfernung
s kupferne Zifferblatt am Kirchthurme; er warnt aber gleich-
der groſsen Gefahr beim Zersprengen der Behälter.
Gotha'sches Magazin. Th. VIII. St. 4. S. 59.
Traité de Chimie. T. II. p. 572.

Bei der Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit, w
eine durch comprimirte Luft fortbewegte Bleikugel erhält,
man meistens der hierüber von Karsten[1] aufgestellten Be
nung, welcher hierbei selbst die Untersuchungen des Jo
Bernoulli[2] zum Grunde legte. Inzwischen ist die mit
schiedenen anderen Problemen verbundene Aufgabe von ih
weitläuftig behandelt worden, und da sich dennoch bei den
zu berücksichtigenden Bedingungen, die keiner specielle
gabe bedürfen, auf absolute Schärfe nicht rechnen läſst
theile ich lieber die einfachere Methode mit, mittelst de
Euler[3] zu dem nämlichen Endresultate gelangt, welches
sten gefunden hat.

Da die Formel für alle Arten von Wurfgeschützen
durch irgend eine expansible Flüssigkeit wirken, an
Fig. 207. ist, so sey allgemein die Länge des Laufes AB = a
Raum, welchen die comprimirte Gasart einnimmt, AF =
Durchmesser der fortzuschleudernden Kugel, welche, th
mend an der Bewegung der sich ausdehnenden und da
menden Flüssigkeit, als ein Theil der sich bewegende
zu betrachten ist, = c; die Masse dieser Kugel sey n
cifisch dichter, als das Wasser, und die Elasticität des c
mirten Gases sey m mal gröſser, als die der atmosph
Luft. Man nehme dann an, daſs die Kugel durch da
sche Fluidum um irgend einen Raum, es sey dieser FM
fortgetrieben worden sey, und suche die Höhe = h, von w
herabfallend sie eine dieser gegebenen gleiche Geschwi
erhalten würde. Da die expansible Flüssigkeit sich in d
nehmenden Räumen stets weiter ausbreitet, so müssen di
pulsiven Kräfte sich wie die Logarithmen dieser Räu
halten. Diesemnach verhält sich der Druck der el
Flüssigkeit in M zu dem in F wie AF : AM oder wie b
es wird sich also der Druck in M zum atmosphärisch
wie $\frac{mb}{b+x} : 1$ verhalten, und weil der Druck einer At
einer Wassersäule von 32 Fuſs äquivalent ist, so w

1 Lehrbegriff der gesammten Mathematik. Th. VI. Greif
S. 572.

2 Opera. T. III. p. 81.

3 Neue Grundsätze der Artillerie von Robins. Berlin 174

von dem Gewichte einer Waſſerſäule $= \frac{32 mb}{b+x}$ Fuſs
ieben werden. Beſtände die Kugel vom Durchmeſſer
us Waſſer, so würde ſie einem Waſſercylinder von $\frac{2}{3}$ c
ſeyn, und wenn ihr ſpecifiſches Gewicht = n gegen
r als Einheit iſt, ſo gleicht ſie einer Waſſerſäule $= \frac{2}{3}$ n c.
nach verhält ſich die forttreibende Kraft der Flüſſig-
um Gewichte der Kugel wie $\frac{32 mb}{b+x} : \frac{2}{3} nc$ oder wie
$\frac{b}{\cdot x)} : 1$. Den mechaniſchen Geſetzen nach erhält man
ir die Höhe h dieſer Waſſerſäule:

$$\partial h = \frac{48 mb}{nc(b+x)} \partial x,$$

h mit x zugleich verſchwindet, ſo iſt hiervon das In-

$$h = \frac{48 mb}{nc} \text{Log. nat.} \frac{b+x}{b}.$$

man aber x bis ans Ende des Laufes = FB, und alſo
= AB = a, ſo giebt dieſes

$$h = \frac{48 mb}{nc} \text{Log. nat.} \frac{a}{b}$$

rch Reduction auf gemeine Logarithmen

$$h = \frac{48 mb}{nc} \times 2{,}302585 \text{ Log. tab.} \frac{a}{b}$$

$$= \frac{110{,}52408 mb}{nc} \text{Log.} \frac{a}{b}$$

inländiſchem Fuſsmaſs. Euler nimmt ſtatt deſſen Tau-
l eines rheinländiſchen Fuſses, und findet demnach die
von welcher eine ſolche Kugel in Tauſendſteln eines
herabgefallen ſeyn müſste,

$$h = \frac{110524{,}08 mb}{nc} \text{Log.} \frac{a}{b}.$$

ieſer Höhe zugehörige Geſchwindigkeit v in einer Se-
iſt

$$v = 250 \sqrt{\frac{110524{,}08 mb}{nc} \text{Log.} \frac{a}{b}}$$

wieder auf ganze Fuſs reducirt,

$$v = \tfrac{1}{4}\sqrt{\frac{110524{,}08\,mb}{nc}\,\text{Log.}\,\frac{a}{b}} = \sqrt{\frac{6907{,}75\,mb}{nc}\,\text{Log.}\,\frac{a}{b}}.$$

Hierin ist $m = 1000$, wenn der ganze Raum AF mit Pul-
erfüllt ist, welches sich in den tausendfachen Raum ausd-
oder bei Windbüchsen mit tausendfach comprimirter Luft. Is
dagegen nur ein Raum $= f$ damit angefüllt, so wird $m = \frac{1000}{b}$
und

$$v = \sqrt{\frac{6907750\,f}{nc}\,\text{Log.}\,\frac{a}{b}}.$$

Hiernach verhält sich also das Quadrat der Geschwindigk-
womit die Kugel sich anfangs bewegt, direct wie der Loga-
rithmus des Verhältnisses $\frac{a}{b}$ oder $\frac{AB}{AF}$, d. i. der ganzen Län-
des Laufes zu dem mit dem elastischen Fluidum angefüllten Ra-
me; zugleich aber verhalten sich die Geschwindigkeiten, w-
die Quadratwurzeln der Compressionen oder der Dichtigk-
der explodirenden Gase.

Zur Anwendung dieser Formel wählt Euler ein Bei-
aus den durch Robins angestellten Versuchen. Hierbei w-
$a = 45$ Zoll; $f = b = 2\tfrac{5}{8}$ Zoll; $c = \tfrac{3}{4}$ Zoll und $n = 11{,}345$ f-
die Bleikugel. Es wird dann $\frac{a}{b} = \frac{120}{7}$; $\text{Log.}\,\frac{a}{b} = 1{,}2340$-
$\frac{f}{c} = \frac{7}{2}$; $\frac{f}{nc} = \frac{7}{22{,}69}$; $\text{Log.}\,\frac{7}{22{,}69} = 0{,}4892653 - 1$. Dies
berechnet giebt $\text{Log.}\ v = 3{,}2099724$, also die Anfangsge-
schwindigkeit $v = 1625$ Fuſs. Wäre statt dessen die Com-
pression nur die 100fache, so gäbe dieses

$$v = 1625\sqrt{\frac{100}{1000}} = 1625\sqrt{\frac{1}{10}} = 514 \text{ Fuſs}$$

als Anfangsgeschwindigkeit der Windbüchsenkugel. Karst-
setzt die Länge des Laufes $a = 48$ Zoll, den Raum der Luft
$b = 2$ Zoll, also $\frac{a}{b} = 24$, dessen Logarithmus $= 1{,}3802$-
mit dem Modulus der natürlichen Logarithmen $= 2{,}30$-
multiplicirt, den Log. vulg. $= 3{,}178053$ giebt. Ferner ni-

1 A. a. O. S. 571.

len Durchmesser der Kugel = $\frac{3}{8}$ Zoll, das Wasser 800mal werer, als Luft, das Blei 11,325mal schwerer als Wasser und findet dann für m = 100, also eine hundertfache Vertung,

$$h = \frac{27267695}{3847} = 7088 \text{ Par. Fuſs.}$$

lann g (nach der älteren Bezeichnung) = 15,1 Par. Fuſs, vird

$$v = 2\sqrt{gh} = 2\sqrt{15{,}1 \times 7088} = 654 \text{ Par. Fuſs.}$$

. Schmidt[1] findet aus seinen Untersuchungen über die trömungsgeschwindigkeiten der atmosphärischen Luft die ngsgeschwindigkeit der Luft für sich = 863 Fuſs in 1 Sec. neint, hiervon müsse beim Vorhandenseyn einer fortzuschleulen Bleikugel $\frac{3}{4}$ genommen werden, was dann die Anfangswindigkeit = 647 Par. Fuſs geben würde. Die Forde-, von der gefundenen Gröſse nur 0,75 zu nehmen, wenn Bleikugel fortgeschleudert werden soll, ist wohl etwas zu ürlich.

Die verschiedenen, hier gefundenen Gröſsen kommen ein- zwar ziemlich nahe, allein man gewahrt sehr bald, daſs er Bestimmung der zur Formel gehörigen Gröſsen viele wiſsheit herrscht. Namentlich ist bei den Windbüchsen Verhältniſs a:b noch schwieriger, als bei Pulvergeschossen mmbar. Wollten wir annehmen, die aus dem Behälter ende comprimirte Luft träfe die Kugel unmittelbar bei ih- Austritte und käme an die Stelle der fortrückenden Ku- so würde bei einer 48mal gröſseren Länge des Laufes, als Durchmesser der Kugel beträgt, b = $\frac{2}{3}$ und a = 48, also

$$= 48 : \tfrac{2}{3} = 72, \text{ und Log. vulg. } \frac{a}{b} = 4{,}1599175 \text{ werden,}$$

von dem durch Euler und Karsten Gefundenen bedeu- abweicht. Indessen findet dieses in der Wirklichkeit nicht , vielmehr ist hinter der Kugel ein Raum vorhanden, in hen beim Oeffnen des Ventils die verdichtete Luft strömt, n dieser müſste bei jeder individuellen Windbüchse erst essen werden. Zugleich kommt es darauf an, wie groſs die

1 Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Gieſsen 1826. S. 223.
l. Art. *Pneumatik.* Bd. VII. S. 601.

Digitized by Google

Menge der ausströmenden Luft im Verhältniſs zur Länge Weite des Laufes ist. Drückte z. B. die Luft mit gleich bender Elasticität so lange gegen die Kugel, bis diese an Mündung herausfährt, was an sich unmöglich ist, so die Geschwindigkeit ungleich gröſser seyn. Dieses zeigt auffallend beim *Blasrohre*, einem etwa 6 Fuſs langen nen hohlen Cylinder, dessen Dicke ungefähr 1,25 Par. und die Weite der Höhlung etwa 3 Linien beträgt. In werden am einen Ende Thonkugeln oder kleine Pfeile was zusammengeballetem Zeuge mit einer durchgesteck sernen Spitze gelegt und durch Blasen mit dem Munde unglaublicher Weite fortgetrieben. Es ist unmöglich, die mit dem Munde bis zum Doppelten ihrer Dichtigkeit zu menzupressen; aber angenommen, dieses würde wirkli reicht, so betrüge die Anfangsgeschwindigkeit nach Formel $1625\sqrt{\frac{2}{1000}} = 72{,}6$ Fuſs, ohne Reibung und stand der Luft zu rechnen. Die Geschwindigkeit der senen Thonkugeln beim Ausfahren aus der Mündung des res ist indeſs ungleich gröſser, denn sonst müſsten sie, sie sich durch 72,6 Fuſs mit gleichbleibender Geschwi in 1 Secunde bewegten, während dieser Zeit zugleich 15 lothrecht herabsinken, was keineswegs der Fall ist und Instrument unbrauchbar machen würde. Die Wirkung des rohrs beruht also offenbar darauf, daſs die zuströmende Menge von Luft die schon bewegte Kugel durch stets Impuls in gröſsere Geschwindigkeit versetzt.

Zur genauen Bestimmung der Geschwindigkeit, cher die Windbüchsenkugeln aus der Oeffnung des Lau gen, müſste zugleich der Widerstand der Luft im Lauf die Reibung derselben an den inneren Wandungen des L ermittelt werden, wozu die erforderlichen Gröſsen nicht aufzufinden sind. Ist dann weiter von den Wirkungen Geschütze die Rede, so würde bei ihnen, wie bei allen auch der *Widerstand* der Luft während der ganzen Dauer Bewegung zur Untersuchung kommen. Wie schwer besti dieser sey, ist oben in einem eigenen Artikel gezeigt KARSTEN[1] hat indeſs nicht bloſs die Geschwindigkeit der W

1 A. a. Orte. S. 573 ff.

hsenkugeln mit Rückſicht auf den Gegendruck der Luft zu timmen geſucht, ſondern behandelt auch noch andere, mit sem Probleme zuſammenhängende Aufgaben, z. B. aus der ige des Laufes und der Dichtigkeit der comprimirten Luft zufinden, wie viel Raum dieſe anfangs einnehmen müſſe, it die Kugel die gröſste Anfangsgeſchwindigkeit erhalte; er wie groſs bei denſelben bekannten Gröſsen die Ventil-ung ſeyn müſſe; endlich wenn dieſe Gröſsen und alle Di-ſionen gegeben ſind, wie viele Schüſſe von noch genügen-Effecte geſchehn können. Dieſes alles mitzutheilen ſcheint unnöthig, und ich bemerke nur in Beziehung auf die ere Aufgabe, daſs man von den beſchriebenen tyroler dbüchſen 12 Schüſſe mit dem gehörigen Effecte erwartet, daſs ſie bei guter Conſtruction und genügender Ladung 24ſten Abdrücken noch auf 6 Fuſs Entfernung eine Ker-amme ausblaſen ſollen.

Alle diejenigen, welche mit Windbüchſen vertraut ſind, en die Erfahrung gemacht haben, daſs ihre Wirkungen Erwartung übertreffen, und daſs ſie, mit Pulverwaffen ver-en, mehr zu leiſten ſcheinen, als die Theorie angiebt, ſo als ſich bei der Unſicherheit der Meſsungen hierüber et-beſtimmen läſst. Nach dem, was eben über das Laden der lter geſagt worden iſt, läſst ſich annehmen, daſs nicht wohl ſtärkere Verdichtung, als eine 100fache erreicht wird, und dann die Expanſion des Pulverdampfes nach Robins nur 000, nach dem ſogleich folgenden Reſultate der chemi-Analyſe zu 1480, nach Hutton aber zu 2000 Atmo-en angenommen wird, ſo begreift man nicht wohl, warum Windbüchſen in ihren Wirkungen nicht mehr hinter den rwaffen zurückbleiben, wenn wir die hierbei allein mög-n Schätzungen einmal als hinreichend genähert betrachten. ton[1], welcher ohne Zweifel aus Erfahrung entſcheidet, ausdrücklich, daſs die Windbüchſen mehr leiſten, als die rie angiebt, und er leitet dieſes daraus ab, daſs der Luft-ter in der Regel ſehr groſs im Verhältniſs zum Laufe iſt, egen die Dichtigkeit der ſich expandirenden Luft nur g geringer wird und ſomit die Kugel bis an die Mün-mit wenig verringerter Kraft vorwärts treibt, ſtatt daſs

1 Dictionary. Art. *Air-gun*. T. I. p. 53.

Digitized by Google

das Schieſspulver einen sehr kleinen Raum einnimmt und sic
daher im Laufe stark ausdehnt. Hiervon, meint er sog
komme es, daſs ein weites Gefäſs mit nur zehnfach comp
mirter Luft eine dem Schieſspulver nahe kommende Wirk
erzeuge. Ist gleich Letzteres nicht der Fall und übertrieben,
bin ich dennoch von der verhältniſsmäſsig sehr groſsen Kr
der Windbüchsen vollkommen überzeugt, leite diese aber a
folgenden Gründen her. Die groſse und alle Bande der Coh
sion überwindende Kraft des entzündeten Schieſspulvers ist k
nem Zweifel unterworfen, allein sie ist hauptsächliche F
der Glühhitze bei der Explosion. Diejenigen Bestimmung
der Elasticität des Pulvergases, welche Rumford aus dem Z
reiſsen stählerner Cylinder abgeleitet hat, beruhn auf allzu u
sichern Voraussetzungen, als daſs man ihnen unbedingt bei
ten könnte; weit besser sind diejenigen, die aus der che
schen Analyse desselben gefunden werden. Nach L. Gmelin[1] g
1 Maſs Schieſspulver 296 Maſs Gas bei 0° C. Temperatur
0,76 Meter Barometerhöhe, was mit verschiedenen, auch
den von mir angestellten Versuchen sehr nahe überein
Hierzu kommt das durch die Glühhitze in Gas verw
Schwefelkalium mit 74 Maſs, so daſs die Gesammtmasse
entstandenen Gases 370mal gröſser ist, als die Masse
Schieſspulvers. Wird dieses durch eine Temperatur von
C. in den 4fachen Raum ausgedehnt, so beträgt seine Elastic
allerdings 1480 Atmosphären, eine Gröſse, die mit der Erf
rung übereinstimmt und durch kein anderes Medium an
nähernd erreicht wird; allein eben hierin liegen auch die
dingungen der verhältniſsmäſsig geringeren Wirksamkeit
selben in Vergleichung mit comprimirter Luft. Zuerst n
das Schieſspulver einen kleineren Raum ein, als die com
mirte Luft, muſs sich daher stärker ausdehnen, bis die K
aus der Mündung herausfährt; seine Wirkung ist im Anfa
wenn die Kugel in Folge der Trägheit den gröſsten Wi
stand leistet, am stärksten, und wird in den folgenden
schnitten des Laufes schwächer. Hierzu kommt dann zwe
daſs das erhitzte Gas sich sehr schnell durch den Einfl
metallenen Wandungen des Laufes abkühlt, wodurch das Sch
felkalium seine Expansion verliert und die in eine schm

1 S. Art. *Schieſspulver*. Bd. VIII. S. 525.

Digitized by Google

verwandelten Gase die Läufe beschmuzen. Hiermit hängt
tige Explosion zusammen, welche man beim Abschieſsen
Feuergewehrs wahrnimmt, und zwar auch dann noch
als bei einer Windbüchse, wenn die Pulverladung we-
rer geringen Masse eine schwächere Wirkung erzeugt,
Windbüchse. Dieser heftige Knall ist eine Folge des
gens der umgebenden Luft in den Raum, welchen die
rten, durch Abkühlung wieder zusammenfallenden Gase
nen, und ist daher unter Voraussetzung gleicher Massen
chieſspulver minder heftig, als beim Knallgas und beim
nten Knallpulver. Allerdings ist die Kugel schon fort-
ıdert und hat zuweilen schon ihr Ziel erreicht, wenn
plosion erfolgt, das eigentliche Zusammenfallen, die wie-
etende Condensation der explodirenden Gase tritt also
ter ein; allein es ist doch wohl nicht zu verkennen,
ıs diesen zusammenwirkenden Bedingungen diejenigen
isse erwachsen, welche verursachen, daſs das Schieſs-
obgleich absolut weit stärker als comprimirte Luft,
ı nicht im Verhältnisse seiner anfänglichen Expansion
geln so viel weiter treibt, als dieses aus dem Verhält-
er anfänglichen Expansion des Pulvergases zu der der
eoretisch folgt.

m Abschieſsen der Windbüchsen wird häufig die Ent-
ng eines mehr oder minder starken Lichtscheines wahr-
ıen [1]. Da die Erscheinung keineswegs selten ist, so
n kaum voraussetzen, daſs sie den älteren Besitzern
Werkzeugs entgangen seyn sollte, dennoch war aber
[2] im Jahre 1801 der Erste, welcher auf dieses Phäno-
fmerksam machte, ohne daſs er eine ältere Angabe hier-
fzufinden vermochte. Inzwischen zeigte Joseph We-
daſs er dasselbe schon früher [4] zur Sprache gebracht
und diese Notiz darf daher wohl als die älteste gelten,
seitdem keine ältere gefunden hat, wenn gleich von
ntdeckung dieser, auf bloſser Beobachtung beruhenden

Vergl. Art. *Licht.* Bd. VI. S. 268.
G. VIII. 337.
Ebendas. XI. 344.
Vollständige Lehre von den Gesetzen d. El. und von der Anwen-
rselben. Landsh. 1792. 8. S. 5.

Digitized by Google

Sache keine Rede seyn kann. Durch Remer aufmerksam g macht erklärt Wolff[1], daſs er das Phänomen häufig wahrg nommen habe, und es ist daher seit dieser Zeit unter d Namen des *Windbüchsenlichtes* allgemein bekannt. Wird e stark geladene Windbüchse, mit oder ohne Kugel, in ein sehr dunkeln Raume losgeschossen, so gewahrt man vor d Mündung einen über 0,5 Fuſs langen hellen Lichtschein, w cher augenblicklich wieder verschwindet und bei wiederhol Abschieſsen zwar wiederkekrt, aber mit schnell abnehmen Intensität. Remer fand die Sache durch die Aussage meh Beobachter bestätigt, die sich ausdrückten, ihre Windbüc gäben im Dunkeln Feuer, und ebendieses erfuhr Gilb durch v. Leyser, welcher das Nämliche behauptete, mit Beschränkung, das Leuchten zeige sich bloſs bei Windbüch mit eisernen Läufen. Ungefähr um die nämliche Zeit mel Pictet an Tilloch[3], der bekannte Mollet aus Lyon h dem französischen Institute am 29. Dec. 1802 eine Nach von diesem Lichtscheine mitgetheilt, und setzte hinzu Phänomen sey nie vorher beobachtet worden. Nicolson[4] merkte dagegen, schon vor anderthalb Jahren habe ein g ser Fletcher in London die Sache vor mehreren Zeugen zählt.

Das Phänomen, wie hieraus hervorgeht, erregte im fange dieses Jahrhunderts die Aufmerksamkeit der Physi spätere bestätigende Zeugnisse beizubringen würde überflü seyn, frühere aufzufinden ist auch mir nicht gelungen, fragt sich daher nur, wie man die Sache zu erklären Nach Remer erfolgt das Leuchten bloſs bei starker Ladung wenn eine Windbüchse etwa 20 Schüsse hält, so gewahrt den Lichtschein nur bei den fünf oder sechs ersten mit abnehmender Stärke, indem sich zuletzt nur ein schwa Lichtatom an der Mündung dem aufmerksamen Auge darbi Diese Thatsache bestätigen Wolff, Gilbert und mehrere dere. Weber gab das Licht ohne Weiteres für ein ele sches aus, und Wolff glaubte, die mit Oeldunst imprä

---

1 Voigt's Magazin. Th. IV. S. 827. G. XII. 611.

2 Dessen Ann. VIII. 340. Anm.

3 Philos. Magaz. T. XIV. p. 363.

4 Philos. Journ. 1803. Apr. p. 280.

dadurch leitende oder negativ elektriſche Luft gebe durch
en an der poſitiven des Zimmers dieſen elektriſchen Licht-
n. Auch REMER glaubte Anfangs keine andere Urſache
s Leuchtens als Elektricität annehmen zu können, allein
rmochte auch mit den feinſten Elektrometern, ſelbſt mit
endung von Condenſatoren, keine Spur vorhandener Elek-
ät aufzufinden, die doch, bei ſo ſtarkem Leuchten, un-
ich ſchwach ſeyn könnte. In Gemäſsheit der damals noch
er zahlreichen Beobachtungen, wonach durch Zuſammen-
ung der Luft Wärme, durch Expanſion derſelben Kälte
gt wird, glaubt er auf einen Zuſammenhang der Wärme-
einungen mit denen des Lichtes ſchlieſsen zu dürfen.
Bedeutung iſt hierbei die von DE PARCIEUX[1] gemachte
eckung, wonach die ſogenannten *Petarden* der Barometer-
er, oder die ſogenannten *Knallbomben* (hohle Kugeln von
em Glaſe, zwei bis drei Zoll im Durchmeſſer haltend,
ne im Kohlenfeuer glühend gemacht und dann ſchnell zu-
ſen werden, um möglichſt verdünnte Luft zu enthalten)
Zerſpringen durch das Auffallen auf den Boden einen
Lichtſchein geben, und auf gleiche Weiſe dünne, mit
gefüllte, im Guerike'ſchen Raume zerplatzende Glaskugeln.
päteren Verſuche von HELWIG[2], wonach beim Zerſprin-
ler Knallbomben nur dann ein Lichtſchein ſichtbar iſt,
dieſes in Räumen geſchieht, in welche früher Tagslicht
Sonnenlicht gefallen war, nicht aber in Kellern oder ſtets
ln Räumen, könnten Veranlaſſung geben zu ſchlieſsen,
lieſe Lichtentwickelung zur Phosphorescenz durch Inſo-
gehöre. Uebrigens bemerkt auch HELWIG, daſs beide
cheine ſich einander ſehr ähnlich und nur hinſichtlich
orm verſchieden ſind, indem das Windbüchſenlicht einen
enden Kegel, der Lichtſchein der Knallbomben aber eine nach
minder helle, im Centrum einen dunkeln Punct zurück-
le Sphäre bildet. Nach REMER läſst ſich dann auf dieſe
chen eine allgemeine Folgerung bauen, wonach bei der
hnung der dichteren Luft in einen gröſseren Raum Wär-
bunden, Licht dagegen frei wird. Dieſem gemäſs neigt
zu der damals herrſchenden Anſicht hin, wonach dieſe

Gren's Journ. d. Phys. Bd. VIII. S. 20.
G. LI. 112.

beiden Wesen, als materiell angenommen, einander entge-
gesetzt seyn sollen. Es lieſse sich hiergegen, auch nach d
damaligen Standpuncte der Wissenschaft, das Argument gel
machen, daſs gerade bei der Steigerung der Wärme, nam
lich bis zur Glühhitze der Körper, Licht entbunden wird. I
besondere aber kannte Remer damals das Phänomen noch n
daſs durch schnelle Compression der Luft im Tachopyrion
Lichtschein erzeugt wird[1], sonst würde ihm die Analogie
der Wirkungen nicht entgangen seyn. Indem aber der Li
schein im Tachopyrion durch Compression und nicht d
Expansion der Luft erzeugt wird, so steht dieses nicht
der eben erwähnten, sondern auch einer andern, von ihm
gestellten Hypothese entgegen. Hiernach hat die Luft
leicht eine desto stärkere Kraft, den Lichtstoff zu binden
chemisch mit sich zu vereinigen, je dichter sie ist, und
sie sich dann schnell in einen gröſseren Raum ausdehnt
wird dadurch ihre Capacität für die Wärme vermehrt,
aber der zusammengepreſste Lichtstoff in heftige Beweg
setzt, mithin sichtbar gemacht, wenn anders leuchtende
bares Licht Bewegung des Lichtstoffes im Raume ist.
werden später wieder hierauf zurückkommen, wollen
jetzt nur bemerken, daſs Bindung der Wärme und Fr
chung des Lichtes in Folge der Luftverdünnung bei zwe
so ähnlichen Wesen, als Licht und Wärme sind, ohne
genden Grund angenommen wird, wozu wohl das damals
schende Streben nach Gegensätzen Veranlassung geben m

Von Grotthuss bestätigt die Thatsache in Gem
eigener Versuche, indem er beim Abschieſsen einer st
ladenen Windbüchse einen sehr hellen Lichtschein ge
welcher sich jedoch beim zweiten Schusse nicht meh
nur von geringer Intensität zeigte. Er nennt denselbe
blendend leuchtende Flamme, und meint, sie würde
leicht brennbare Körper in Brand gesetzt haben, wenn
nicht durch die prädominirende Wirkung der in gewaltsame
gung gesetzten Luft fortgeschleudert worden wären. Hi
hält Grotthuss die ausfahrende Luft im eigentlichen
für glühend und demnach leuchtend, was auf jeden Fall
unwahrscheinlich ist, indem man sich den Ursprung

1 S. Art. *Feuerzeug, pneumatisches.* Bd. IV. S. 240.

Digitized by Google

ıen Glühhitze nicht wohl vorstellen kann, die sich auſser- nothwendig auch durch Mittheilung auf irgend eine Weise geben müſste, abgesehn von dem Umstande, daſs Glüh- erzeugende Luft, ohne in ihr enthaltene feste Theile, ıicht gar nicht leuchtet, wie die geringe Helligkeit des ɜnannten *lumen philosophicum* (die sehr matte und ge- hlose Flamme des aus einer Glasröhrenspitze ausfahrenden laselbst angezündeten Wasserstoffgases) und der Flamme des gasgebläses zeigt. Seine Erklärung über den Ursprung Värme, wodurch die Luft zur Glühhitze gebracht werden ist gekünstelt, weil zugleich das Verhalten im Kolben mit ksichtigt und angenommen wird, der ausfahrende Theil erhalte durch die nachstürzende eine erhöhete Temperatur. ehn hiervon und in directer Beziehung auf den erzeugten ıchein spricht Grotthuss seine Ansicht deutlich aus. ıch „erduldet die plötzlich expandirte Luft von der At- ıhäre und von den Wänden des Windbüchsenlaufes einen eftigen Widerstand, daſs sie gewaltsam comprimirt und Wärmestoff daraus in Feuergestalt herausgetrieben wird. Compression ist also hier eine Folge der Expansion und tenz; die beide zugleich und schnell wirken und da- ı das Feuer veranlassen.“ Es kann indeſs dem skepti- Forscher nicht entgehn, daſs die Expansion der ausfah- Luft gleich stark, als die Compression der äuſseren seyn ne daher Kälte erzeugen muſs, wenn diese Wärme her- t, mithin an eine Erzeugung der Glühhitze nicht wohl zu ı ist. Dieses Argument würde auch dann noch gültig wenn man sagen wollte, die umgebende Luft, in welche sfahrende stürzt, habe bereits einen gewissen Grad der gkeit, und dieser werde auf jeden Fall durch die ein- ıde vermehrt; denn beide Luftmassen haben eine gewisse ratur, und diese muſs auf gleiche Weise durch die Com- n des einen Theils erhöht, durch Expansion des andern dert werden, beide Wirkungen bedingen einander gleich- und es kann die erstere um so weniger ein Ueberge- über die letztere erhalten, als die äuſsere Luft sich im eɪzten Raume leicht ausdehnen kann. Nimmt man aber daſs Knallbomben beim Eindringen der Luft in den lee- um, und mit Luft gefüllte Kugeln beim Zerplatzen im n der Luftpumpen gleichfalls diesen Lichtschein zeigen,

so kann man ihn unmöglich bei den Windbüchsen vom Er glühen der Luft ableiten. Am entscheidendsten streitet hierge gen der bekannte Versuch von Dessaignes[1], welcher Thie blasen über gläserne Cylinder spannte und nach dem völlig Trocknen durch Exantliren der Luft zersprengte. Je mehr d Luft verdünnt war, um desto heller zeigte sich im Dunkel der Lichtschimmer, welcher sich im ganzen Cylinder ausbr tete und dem Lichte des im Eudiometer detonirenden Knallg oder dem in Gewitterwolken sichtbaren elektrischen glich. W das Vacuum minder vollkommen, so gewahrte er nur ein sch ches röthliches Licht am Boden des Gefäſses. Angenom es sey bei diesen Versuchen noch ein Antheil Luft in Cylinder zurückgeblieben und durch die eindringende com mirt worden, so konnte hierdurch unmöglich bei gleichzei Mitwirkung der durch die eindringende expandirte Luft zeugten Kälte eine im ganzen Cylinder sich ausbreitende glühung der Luft bewirkt werden, abgerechnet daſs diese bei zurückgebliebener gröſserer Menge von Luft vielme ker, keineswegs aber schwächer seyn muſste. Wir daher diese Erklärung als durchaus unzulässig verwerfen.

Der oben genannte Leyser[2], welcher gleich anfang Richtigkeit der Thatsache bekräftigte, war der Meinung, Lichtschein zeige sich bloſs bei Windbüchsen mit eisernen L fen, nicht bei messingnen oder mit Messing gefütterten. schwer, die Richtigkeit dieser Behauptung zu prüfen, obgleich Gilbert sie dadurch bestätigt, daſs seine Wind mit messingnem Laufe keinen Lichtschein zeigte, so ist ohne Werth, weil wir bloſs mit Sicherheit wissen, daſs das L men bei stark geladenen Windbüchsen beobachtet worden ist so kann das Ausbleiben desselben bei messingnen Läufen so natürlicher aus dem Mangel einer hinlänglichen Compr abgeleitet werden, als diese Art der Apparate meistens zur bloſsen Belustigung und daher mit minderer Solidität fertigt zu werden pflegt; für die Erklärung können wir hieraus um so weniger einen Anhaltpunct hernehmen. beiden Fällen Metalle vorhanden sind, deren Unterschied s lich von irgend einem Einfluſs seyn dürfte, da obsch

1 Aus Journ. de Phys. in G. XLIX. 310.
2 G. VIII. 340.

ähnliche Lichtschein auch ohne vorhandenes Metall bei
allein oder mit Thierblase vereint zum Vorschein kommt.
schen ist dieser Unterschied allerdings dann nicht un-
tend, wenn nach LEYSER's Ansicht das Leuchten eine
hineingekommenen Sandes seyn sollte. Eben diese Er-
g hat später HART[1] aufgestellt und durch eine groſse
von Versuchen zu unterstützen gesucht. Hiernach zeigte
las Leuchten nur dann, wenn kleine Körperchen, als
Staub u. s. w., im Laufe anwesend waren, die sich seiner
ng nach an den Wandungen des Laufes reiben und da-
den Lichtschein hervorrufen. Hiermit stimmen allerdings
EIGGER's[2] Versuche überein. Dieser lud seine Wind-
so schwach, daſs sie für sich keinen Lichtschein zeigte,
r jedoch sofort zum Vorschein kam, wenn eine Bürste
inem Eisendraht an die Mündung gehalten wurde. Auch
ufgewundener Eisendraht, der keine Masse von Spitzen
, wirkte, wenn gleich schwächer. Feiner aufgewundener
raht gab schwache oder gar keine Wirkung, eine Bürste
lessingdraht oder eine Masse durch einen dünnen Kork
ter Stecknadeln mit hervorragenden Spitzen wirkte schwä-
lenn der Eisendraht gab Funken und Feuerstreifen, Mes-
ht aber nur einen phosphorischen Schein. Eine vorge-
Quarzdruse gab schönes Licht, vorgehaltene Glasfäden
die eingeladen nach HART so stark leuchteten, zeigten
Lichtschein. In Gemäſsheit dieser Erscheinungen ver-
SCHWEIGGER die durch HART aufgestellte Hypothese,
. das Leuchten eine Folge der Reibung solcher Körper
ll, die für sich gerieben phosphorisches Licht geben, als
Fluſsspath, Zucker u. s. w., und meint vielmehr, Spiz-
mentlich metallische, seyen in einem Strome atmosphä-
Sauerstoff enthaltender, Luft der Lichtentwickelung auf
Art günstig, als Platinspitzen im Strome von Wasser-
. Wenn man aber die Entzündung des Döbereiner'schen
hwammes in einem Strome Wasserstoffgas, worauf
IGGER sich hier bezieht, gehörig würdigt[3], so gelangt

---

1 Quarterly Journ. of Science. N. XV. p. 64. Ann. de Chim. et XXII. p. 437.

2 essen Journ. Th. XL. S. 22.

3 Vergl. Art. *Wärme*. Bd. X. S. 278.

Digitized by Google

man bald zu der Ueberzeugung, daſs sich zwischen die[sem] und dem hier in Rede stehenden Phänomene zwar eine Ana-logie auffinden, keineswegs aber die Erklärung des einen a[us] dem andern entnehmen läſst. Der Platinschwamm erfo[rdert] keine Compression des Gases, vielmehr erfolgt die Entzünd[ung] im Knallgase selbst unter geringerem, als dem mittleren atmo-sphärischen Drucke; bei den Windbüchsen wird der Licht-schein durch vorhandene Metallspitzen zwar erhöht, aber in-ſern nicht eigentlich erzeugt, als er auch ohne diese zum Vor-scheint kommt; eine Verdichtung der atmosphärischen L[uft] durch die Metallspitzen, wie des Wasserstoffgases durch d[en] Platinschwamm, findet aber überall nicht statt.

Sehr gründliche Untersuchungen über das Windbüchsen-licht hat auch der wegen seiner hohen Wissenschaftlichkeit ehrwürdige Placidus Heinrich[1] angestellt, wobei er n[icht] bloſs die unmittelbar hierhergehörigen, sondern auch die [...] genannten, hiermit innig verbundenen Versuche selbst wi[eder]-holte. Nach den Ergebnissen mit einer vorzüglich guten Wi[nd]-büchse von Kuchenreuter in Regensburg sah er allemal ei-nen Lichtbüschel, wenn die Ladung vollständig war, ge-wöhnlich blieb er schon beim dritten Schusse aus; bei [...]-chen Windbüchsen blieb aber das Licht auch dann aus, [wenn] ihre Ladung so weit getrieben war, als geschehn durfte. [Das] Licht erschien bei ganz eisernen oder nur mit Blei gefüt[terten] Läufen, die Entladung mochte frei oder mit einer Kug[el ge]-schehn; reichliches Oelen schien mehr zu schaden, a[ls zu] nützen. Stand die Büchse geladen vom Nachmittage b[is zur] eingetretenen Dunkelheit am Abend in einem warmen Zi[mmer], so glückte der Versuch besser. Windbüchsen mit weiten [Läu]-fen gaben nie einen Lichtschein, noch weniger, wenn der [...] ganz beseitigt und das freie Ventil aufgeschlagen wurde; [das] Leuchten trat aber selbst bei weiten Läufen ein, wenn [sie] zur Hälfte mit einem der Länge nach gespaltenen Lad[stock] ausgefüllt waren. Höchst interessant war, daſs Heinrich [seine] Versuche ungeachtet der nicht wohl zu beseitigenden G[efahr] auch mit gläsernen Läufen von 7 bis 2,5 Linien [...] Weite und von 3 bis 1 Par. Fuſs Länge anstellte und dabei [...]

---

1 Die Phosphorescenz der Körper u. s. w. Nürnberg. [...] Th. II. S. 431.

diese die Erscheinung in jeder Beziehung besser, als me-
ne Läufe zeigen, obwohl auch hierbei die gröſsere Weite
Effect aufhob. Stellt sich der Beobachter in mäſsiger Ent-
ung dem ihm entgegengerichteten Laufe gegenüber, so ge-
rt er im Innern desselben einen schwachen Lichtschimmer,
hen ein seitwärts stehender nicht sieht.

Aus allem diesem schlieſst Heinrich, daſs der Erfolg vom
eben der Luft sich auszudehnen und von den Hindernissen
ngt, die sich dieser Ausdehnung entgegensetzen. Starke
ngen und geringe Weite des Laufes sind also die noth-
ligen Bedingungen, damit die verdichtete Luft sich nicht
t in einen zu groſsen Raum ausdehnen kann; das Licht
eht daher in Folge der Verdichtung auf gleiche Weise, als
Tachopyrion, ja selbst das Licht der Feuerwaffen soll
Heinrich zum Theil durch Compression erzeugt werden,
man daraus ersieht, daſs gleiche Mengen Pulver mit Ku-
nd Pfropfen abgeschossen stärker leuchten, als ohne die-
Auch das beim Zersprengen einer Blase entstehende Licht
ernach als durch Condensation entstanden zu betrachten.
esten zeigt sich diese Erscheinung, wenn man eine starke
über einen 5 bis höchstens 6 Zoll weiten gläsernen Cy-
ausspannt, nach dem Trocknen stark exantlirt und das
tzen durch einen Stoſs gegen die Mitte herbeiführt. Eine
ingende Glasplatte giebt keinen Lichtschein, und zwar wegen
elen Glassplitter. Wenn man den Embolus eines pneumati-
Feuerzeuges ganz hinabdrückt, der Luft dann Zeit läſst,
zu entweichen, und demnächst den Kolben rasch her-
ht, so gewahrt man gleichfalls einen Lichtschein[1]. Pla-
Heinrich wiederholte auch die Versuche des Zerspren-
luftvoller Glaskugeln unter der Campane der Luftpumpe,
e des Zerschellens der Knallbomben, gewahrte auch den
chein zerspringender Glasthränen, die man zur Vermei-
einer Beschädigung der Augen durch umhergestreute Glas-

Placidus Heinrich lieſs sich ein gläsernes *Tachopyrion* verferti-
elches am Ende mit einer messingnen Fassung und einem Hahn
war. Die Fassung ging im Innern so weit hinauf, als ihr
r Rand, die Oeffnung war sehr eng, doch konnte die Füllung
rschiedenen Gasarten dadurch geschehn. Mit einem solchen wur-
e Lichterscheinungen leicht erhalten.

splitter am beſten mit einer Zange an der Spitze faſst und m dem dickeren Ende gegen eine Wand ſtöſst. Die bekann Dampfkügelchen, durch Hitze zerſpringend, gaben nie ein Lichtſchein, was allerdings bei dem heftigen Knallen derſelb merkwürdig iſt; dagegen verſicherten glaubhafte Zeugen, da ſich bei Nacht ein ſchwacher Lichtſchein hinter einer ſtar Windbüchſenkugel zeige, und er ſelbſt glaubte dieſen in ſeh finſteren Nächten beim Knallen ſtark geſchwungener Peitſche wahrgenommen zu haben.

Fragen wir, um wie viel die Erklärung dieſes merkw digen Phänomens durch dieſen reichen Zuwachs von Th chen ſeit dem erſten Entdecker deſſelben, Remer oder W weiter gefördert worden ſey, ſo iſt der erhaltene Gewinn keinesw bedeutend. Das Leuchten mit Weber für elektriſch zu hal iſt nach den Verſuchen Remer's nicht wohl zuläſſig, auch wü dieſes die Beantwortung der Frage am Ende nur etwas w hinausſchieben. Die von Hart aufgeſtellte Hypotheſe iſt d Schweigger widerlegt worden, welcher keine eigene Erklä rung aufſtellt, ſondern bloſs ſagt, die Wirkung werde durch M tallſpitzen erhöht, alſo das auch ohne dieſe vorhandene Leu ten verſtärkt. Ein eigentliches Glühen und dadurch erzeug Leuchten der Luft anzunehmen, worauf Grotthuss durch ihm ſo eben bekannt gewordene Erſcheinung des Tachopyri geführt wurde, iſt aus bereits angegebenen Urſachen nicht w zuläſſig. Nach Heinrich liegt die Urſache aller der genann Lichterſcheinungen in der Compreſſion der Luft, ſelbſt a dann, wenn dieſe in ein Vacuum hineinſtürzt, weil auch bei auf jeden Fall ein Stoſs derſelben gegen eine vorhan Wandung ſtatt findet. Zu derſelben Claſſe von Erſcheinung gehört nach ihm dann auch das *elektriſche Leuchten*, en durch gewaltſame Durchbrechung der Luft mit einer ungl lich groſsen Geſchwindigkeit, wobei er jedoch zugeſteht, d der ſtrahlende Schein in der Torricelli'ſchen Leere für Leuchten der elektriſchen Materie an ſich gelten könne. O in die Erklärung des letzteren, vielfach behandelten Probl weiter einzugehn, möge nur die Bemerkung hier Platz fin daſs es bei jeder Erklärung vorliegender Erſcheinungen miſsliche Sache iſt, zwei neben einander beſtehende Urſach anzunehmen, ohne zugleich zu beſtimmen, welcher Theil bis zu welchen Grenzen der einen oder der andern zukom

man denn namentlich in dem hier gegebenen Falle immer annehmen könnte, die im Vacuum als selbstleuchtend vor-ene Elektricität werde beim Durchbrechen der nicht lei-n Luft stärker zusammengedrückt, und leuchte dadurch r, wonach also das Auspressen des Lichtes aus der Luft liesen Phänomenen wegfallen würde. Fragen wir nach dem alzusammenhange zwischen der Compression der Luft und Lichtscheine, so war Heinrich noch Anhänger der Ema-ns-Hypothese; nach ihm ist daher in der Luft Lichtma-vorhanden, und diese wird, eben wie der Wärmestoff, lerselben mechanisch ausgepreſst. Die Erklärung wäre so leicht, und obendrein im Einklange mit Helwig's Wahr-ung, wonach das Leuchten da aufhört, wo vorher weni-infallendes Licht aufgehäuft wurde.

Aber auch dieser Hypothese steht entgegen, daſs sie zur lationstheorie nicht paſst, die allzufest begründet ist, als sie durch das vorliegende Phänomen wankend werden te. Dieser gemäſs müſsten also durch den plötzlichen Stoſs Luft Vibrationen des überall verbreiteten Lichtäthers er-werden und die Erscheinung fiele demnach mit den zahl-n übrigen des Selbstleuchtens zusammen. Daſs solche lationen, die Lichtwellen, durch die verschiedensten Ur-n hervorgerufen werden, ist eine bekannte, wenn gleich gisch noch nicht vollständig erklärte Thatsache; sofern hier zunächst nur von einem einzelnen, zu einer übrigens ichen Classe gehörigen Phänomene die Rede ist, kann immerhin sagen, es sey hierzu eine Veranlassung vorhan-die sich auch anderweitig, namentlich bei der Phospho-nz, wirksam zeigte, und wenn man dann berücksichtigt, zahlreich die Erscheinungen des Leuchtens sind, die zur n Classe der Phosphorescenz gehören[1], so muſs man ge-, daſs die diese erzeugenden Undulationen des Lichtäthers die vielfachsten mechanischen Ursachen sehr leicht her-rufen werden. Aus der Vergleichung aller hierher gehö-Versuche geht übrigens hervor, daſs nur dann Lichtun-ionen hervorgerufen werden, wenn irgend ein fester Kör-ler bewegten Luft einen Widerstand darbietet, was mit Entstehung der Wellen überhaupt sehr gut übereinstimmt,

1 S. Art. *Licht.* Bd. VI. S. 272 ff.

Digitized by Google

und die Erklärung dieser eigenthümlichen Phosphorescenz z gleich leichter macht, als die zahlreicher anderer. Mit Rü sicht hierauf möchte ich den hinter abgeschossenen Kugeln durch Peitschenknall erzeugten Lichtschein vorläufig in Ab stellen, weil hierbei ebenso wenig ein der bewegten Luft W derstand entgegensetzender Körper vorhanden ist, als freien Oeffnen eines Windbüchsenventils, abgesehn davon, das Licht selbst bei weiten Läufen der Windbüchsen fehlt.

M.

Windmesser.

Anemometer, Anemoskop[1], Windfah Wetterfahne (Wetterhahn); *Anemoscop Anemometrum, Plagoscopium;* Anémomètre, A moscope, Girouette (Flouette); *Anemometer, A moscope, Weather-cock, Weather-flag,* F *Vane, Windgage.*

Mit diesen verschiedenen Namen werden zwei Arten Apparaten bezeichnet, welche zwar beide zur Beobachtung Windes dienen, jedoch in sehr ungleicher Absicht. M der einen Classe derselben verlangt man bloſs die horiz Richtung des Windes kennen zu lernen, mittelst der a sucht man theils die hiervon abweichenden Richtungen, und insbesondere aber die Geschwindigkeit und die hier erzeugte Kraft desselben zu erforschen; an beiden Arten

---

1 In Beziehung auf dieses Werkzeug, wovon Bd. I. S. ... handelt wurde, ist noch zu bemerken, daſs dieser Name des Otto v. Guericke erfundenen *Wettermännchen* nicht durch Com Texte a. d. a. Stelle steht unrichtig Couriers, in der Anm. richtig miers), sondern schon früher durch den Erfinder selbst, wie Pr ner meint (Thesium inaugur. pars mathematico-physica cet. Tub. 4. Thes. XXV.), oder nach Gehler's Meinung (Wörterb. a. A. S. 29) durch dessen Sohn in einem Briefe an Lubienietzki, oder diesen Letzteren als Uebersetzung des Wortes *Wettermännchen* legt wurde. S. Stanisl. Lubienietz Lubienieccii Theatrum comet Amst. 1668. fol. p. 239 u. 250.

seit den ältesten Zeiten viel gekünstelt, und selbst in den sten Zeiten hat man sich nicht allgemein über eine allsei- genügende Construction derselben vereinigt. Wir wollen vorzüglichsten der darauf bezüglichen Vorschläge einzeln en.

1) Um die jedesmalige Richtung des Windes zu wissen, en die gewöhnlichen Windfahnen. Im Wesentlichen be- ı diese aus einem Bleche, einer Tafel, einer Platte, welche iner verticalen Ebene befindlich so befestigt wird, daſs der d durch den Stoſs gegen ihre gröſseren Flächen sie um verticale Stange in seine Richtung dreht, wobei sie ent- ır sich um diese Stange bewegen, oder an ihr festsitzend zugleich mit umdrehn. Da die meisten in bedeutender e, auf den Spitzen der Häuser oder der Kirchthürme, an- ıcht sind, mithin, um in der Ferne gesehn zu werden, be- ≠nd groſs, und der Dauerhaftigkeit wegen von Metallblech müssen, so ist es rathsam, sie in ihrem Schwerpuncte zu stützen und daher die bewegliche Platte durch ein Ge- ewicht zu balanciren, welches dem Winde eine ungleich ere Fläche entgegenstellt und somit die Umdrehung der eren Platte nicht bedeutend stört. Meistens wählt man die hschnittsfläche eines Hühnerhahns, dessen dickerer Kopf Hals dem aus dünnen Blech verfertigten Schwanze das ngewicht hält, wovon der Name Wetterhahn entstanden sonst wählt man auch wohl einen Pfeil, bei dem die Flä- der vorderen Spitze horizontal gerichtet ist, das Gefieder unteren Ende aber in einer verticalen Ebene liegt, oder die eines Fisches oder eines Löwen, welcher durch einen eren Bügel im Gleichgewichte gehalten wird. Die Her- ung des Gleichgewichts, oder daſs der Schwerpunct der e in die sie tragende Stange fällt, ist deswegen erforder- , weil sonst bei der geringsten Beugung der Tragstange ihrer Abweichung von der genau verticalen Richtung der werpunct sich nach dieser Seite hin senkt und schwache de nicht vermögen, die Fahne aus dieser Lage zu bewe- . Diejenigen Flächen, welche durch den Stoſs und Druck Windes in die Richtung desselben gebracht werden, müs- nothwendig leichte Beweglichkeit haben, worauf man bei Anlegung derselben stets eifrig bedacht ist, weswegen man von dünnem Bleche und überhaupt so leicht macht, als

Digitized by Google

dieses den Umständen nach geschehn kann. Sitzen sie an der drehbaren Stange fest, in welchem Falle der untere Theil dieser Stange in das Gebäude herabgeht und auch aus hinlänglich ausgetrocknetem, sich nicht mehr verziehenden Holze bestehn kann, so muſs diese hinlänglich lang seyn, um eine Abweichung ihrer Richtung von der verticalen zu vermeiden, der untere Theil des oberen metallenen Endes der Stange muſs durch einen die wenigste Reibung gebenden metallenen Ring gehn, das untere Ende aber mit einer glatten Metallspitze in der konischen Vertiefung einer harten Metallplatte laufen.

2) Die Windfahnen erhalten durch die angegebenen Bedingungen eine sehr groſse Beweglichkeit, um selbst schwache Luftströmungen gehörig auszuweichen und deren Richtung anzuzeigen. Es ist indeſs schon im Art. *Wind* bemerkt worden, daſs dieser, besonders bei groſser Stärke, seine Richtung sehr oft ändert, die Windfahne daher sich stets durch einen größern Bogen bewegt, welcher selbst bis zu 180 Graden steigen kann; die eigentliche Windrichtung muſs daher dann im Mittel der äuſsersten Abweichungen genommen werden, was aber nur genäherte Bestimmungen gestattet. Um diese unaufhörlichen Schwankungen zu beseitigen, wählten Engelhardt und Parrot [1] statt eines Bleches zwei in einem Winkel von 45° zusammengefügte, wobei eine diesen Winkel halbirende gerade Linie die Richtung des Windes angab. Um insbesondere in gröſserer Höhe den Stand der Windfahnen leichter zu erkennen, befindet sich meistens sehr zweckmäſsig unter ihnen ein in einer horizontalen Ebene liegendes, aus zwei rechtwinklig über einander liegenden Stäben bestehendes Kreuz, auf dessen vier Enden die aufwärts stehenden Anfangsbuchstaben der Hauptwinde aufgerichtet sind.

3) Bei den gewöhnlichen Windfahnen liegt ein so einfaches

---

1 Deren Reise in den Caucasus. Th. II. S. 20. Hierbei liegt eine Angabe des älteren Parrot zum Grunde, welcher die Fahne aus zwei dünnen Blechen verfertigen lieſs, die mit den einen Seiten verbunden wurden, von da an aber krumm gebogen waren und an den andern auseinander standen, so daſs die anderen Enden ungefähr einen Winkel von 45° bildeten. Zur Krümmung scheint ihm die cykloidische am geeignetsten, und die Bleche sollen so dünn gewählt werden, daſs der Druck des Windes sie zu biegen vermag. S. Voigts Magazin. Th. St. 2. S. 144.

cip zum Grunde, daſs sich nicht füglich Künsteleien an-
gen lassen, mit denen man übrigens bei allen meteorologi-
n Instrumenten stets sehr freigebig war. Man behielt da-
im Ganzen die einfache Einrichtung derselben bei, wählte
für solche, die sich namentlich über Beobachtungszimmern
den, eine wesentlich verbesserte. Es ist nämlich aller-
s vortheilhaft, namentlich in Städten, wo leicht durch die
tung der Straſsen und die Lage hoher Häuser die Bahn des
des abgeändert wird, die Windfahnen auf den Spitzen
er Gebäude, namentlich auf den Thürmen anzubringen,
dieses führt auch den Nachtheil herbei, daſs man nur
Mühe und keineswegs hinlänglich scharf die Richtung der-
n nach den Weltgegenden unterscheiden kann. Um die-
Zweck zu erreichen, läſst man auf eine hierfür sehr geeig-
Weise die Stange, an welcher oben die Fahne unbeweg-
festsitzt, in das Beobachtungszimmer herabgehn, unter-
t deren untere Spitze durch einen horizontalen eisernen
balken, auf welchem sie in einer Vertiefung leicht be-
ich ruht, bringt über demselben einen Zeiger an, welcher
der Windfahne in der nämlichen verticalen Ebene liegt,
befestigt über demselben an der Decke eine runde Tafel,
uf die Windrose gezeichnet ist. Es ist nicht schwer,
diese Weise die eigentliche Richtung des Windes genau
rkennen; inzwischen fand man es ehemals zu unbequem,
ie Höhe zu sehn, und zog vor, die Windrose in eine
cale Ebene an einer der Wände des Beobachtungszimmers
ringen. Zu diesem Ende versah man die herabgehende
ge mit einem in horizontaler Ebene liegenden Kronrade und
dessen Zähne in ein anderes, in verticaler Ebene liegen-
Kronrad oder nur in ein einfaches Getriebe eingreifen, auf
n horizontaler, durch die Wand des Zimmers gesteckter
der Zeiger festsaſs. Indem dann beide Räder eine gleiche
hl Zähne hatten, drehte sich der Zeiger durch gleiche
n, als die Windfahne. Dieses Instrument beschreiben
NAM[1], NOLLET[2] und mehrere Andere, welche sämmtlich
dieser Quelle geschöpft haben, LEUPOLD[3] aber giebt noch

Récréations mathématiques. T. II.

Die Kunst physikalische Versuche anzustellen. Leipz. 1771. Th.
. 53.

Theatrum aërostaticum. P. III. Cap. X.

Digitized by Google

verschiedene Abänderungen desselben an, und bringt unter
dern auch eine kleine tragbare Windfahne in Vorschlag,
mit einem Compasse verbunden ist, um das Verhältniſs
Windrichtung zum magnetischen Meridiane zu kennen.
alle solche Mechanismen die Vorrichtung complicirter
die leichte Beweglichkeit hindern und Stockungen veranl
können, so zieht man jetzt die einfachere und dauerh
Einrichtung vor, ohne die geringfügige Unbequemlichkeit
Ablesens auf einer unter der Decke befestigten Windro
scheuen, würde aber auf den Fall, daſs es einer Abänd
bedürfte, bei dem heutigen Stande der Mechanik wegen
Ausführung nicht in Verlegenheit seyn.

4) Die sämmtlichen, hier angegebenen und alle
ähnliche Windfahnen geben bloſs die horizontale Richtung
Windes an; man hat aber vielfach den Wunsch geäuſsert,
die verticale kennen zu lernen, es ist mir jedoch nicht be
daſs man einen geeigneten Apparat, um diese zu ermitteln
Ausführung gebracht habe[1]. Genau betrachtet ist
Sache keineswegs von so groſser Bedeutung, als es beim
Anblick den Schein hat. Allerdings ist nicht zu leugnen,
die Richtung des Windes keineswegs allezeit eine horiz
sey, vielmehr weichen die Winde sehr häufig hiervon
gröſsere oder kleinere Winkel ab, und es würde sehr i
essant seyn, namentlich bei der Entstehung eines Windes
aufsteigende oder herabsinkende Luftmassen deren jedesm
Richtung zu kennen, weil man hiernach besser die Ur
dieser Luftbewegung auffinden könnte. Beim Fortgange
selben wird aber, selbst wenn er sich in gröſseren Höhen
wegt, seine Richtung fortwährend mehr durch die Gestal
Erdoberfläche bedingt, so daſs man von dieser leicht au
schlieſsen kann, und es gewährt dann kein sehr bedeut
Interesse mehr, wenn man weiſs, daſs der Wind vor
Berge mehr aufwärts steigt und hinter demselben wieder
absinkt, oder durch hohe Häuser, namentlich Kirchthürm
Folge ihres Widerstandes mehr in die Höhe getrieben
Inzwischen hat Benzenberg[2] eine sehr einfache Fahne

1 Einige zweckmäſsige Vorrichtungen werden später erwäh
den; sie gehören zu den registrirenden Windfahnen.

2 G. VIII. 240. Eine andere, noch einfachere und beque
Vorrichtung für diesen Zweck giebt §. 39.

Digitized by Google

gen, welche nicht bloſs die horizontale, sondern auch die
:ale Windrichtung angiebt. Sie besteht aus einer gewöhn- Fig.
n Windfahne, bei welcher aber die flache Scheibe D et- 208.
groſs seyn muſs, damit ihre Stellung in die verticale
e der Windrichtung durch den Stoſs gegen den am andern
angebrachten Mechanismus nicht gestört werde. Die
ibe der Windfahne wird nämlich durch ein Rectangel
Ietallstäben balancirt, an dessen äuſserstem Ende sich eine
:hende Stange als Träger eines zweiten ähnlichen Rectan-
befindet, dessen Ebene mit der des ersteren zwei rechte
iel bildet. Oben auf demselben ist eine in verticaler
e drehbare, mit ihrer Axe leicht bewegliche Scheibe E an-
cht und durch ein Rectangel von Draht balancirt, des-
uſserste Seite noch auſserdem durch ein angemessenes Ge-
t K beschwert ist. Hierdurch läſst sich leicht bewerkstel-
, daſs für sich die Scheibe E im Zustande der Ruhe wie
Vaagebalken in horizontaler Richtung bleibt; stöſst aber
Vind gegen dieselbe, so wird sie, um dessen Drucke aus-
ichen, ihm die scharfe, den geringsten Widerstand lei-
e Seite zukehren, mithin in diejenige horizontale oder ge-
: Richtung getrieben werden, in welcher sich der Wind
gt.

Durch welche verschiedene Vorrichtungen diese gemeinen
lfahnen sich selbstregistrirend machen lassen, wird im Fol-
n gelegentlich gezeigt werden.

Man könnte die beschriebenen Apparate mit dem gemein-
lichen Namen *Windzeiger* benennen und würde sie da-
von der zahlreichen Classe der *Windmesser* unterschei-
von denen jetzt die Rede seyn wird. Die Bestimmung
letzteren ist, die Stärke des Windes zu messen, und
ese Aufgabe stets groſses Interesse erregte, so hat man sie
ehr verschiedene Weise zu lösen versucht. Wir wollen
ekanntesten und vorzüglichsten zu diesem Zwecke in Vor-
; gebrachten Vorrichtungen einzeln betrachten und nach
änden näher beschreiben. Beiläufig möge indeſs zuvor ein
:hlag erwähnt werden, welcher zeigt, zu welchen indi-
ı Mitteln man früher wohl seine Zuflucht zu nehmen
e, statt diejenigen zu wählen, die bei weitem näher lie-
Man verfiel auf die Idee, die Stärke des Windes durch
löhe und Tiefe des Tones zu messen, welchen eine dem

Winde entgegengerichtete Pfeife gab. Leupold[1] beschr eine Pfeife dieser Art, giebt aber nicht genauer an, in welch Verhältniſs die Höhe des Tones mit der Geschwindigke de Windes steht und wie man die letztere überhaupt besti hierdurch messen könne. Eine Aeolsharfe würde allerdings dazu dienen können, die wachsende Geschwindigkeit des W des durch zunehmend stärkeres Tönen wahrzunehmen, al man übersieht bald, daſs an eine eigentliche Messung d diese Mittel nicht zu denken sey, weswegen man sie m sten ganz unbeachtet läſst.

5) Der älteste, ohne Angabe des Erfinders bekannt g wordene Vorschlag zu einem die Stärke des Windes messen Apparate beruhte auf der Idee, eine vertical herabhänge Scheibe durch den Stoſs des Windes heben zu lassen, die hi zu erforderliche Kraft zu suchen und hieraus die Gesch
Fig. 209. digkeit des Windes zu berechnen[2]. Zu diesem Ende ist Stange A B mit einem um sie drehbaren Quadranten ve dessen Bogen m n Grade der Kreistheilung enthält. An Stange hängt die flache Scheibe C herab, welche durch Stoſs des Windes aus ihrer verticalen Lage gehoben, Voraussetzung des in horizontaler Richtung sie treffende raden Windstoſses hierdurch aus ihrer verticalen Lage ge wird, und vermittelst der Sinus oder der Tangenten Elevationswinkel die Stärke des Stoſses und die diesem hörige Geschwindigkeit des Windes nach denjenigen Gese angiebt, welche im Art. *Widerstand* erörtert worden sind. Winkel wird entweder sogleich abgelesen, oder man ve die Stange mit einem Sperrhaken, um ihren Rückgang z dern und die Grade auf dem Quadranten später abzul welche dann das Maximum der erreichten Stärke angeben. Di letztere Einrichtung ist eigentlich nothwendig und kann der Voraussetzung einer so leichten Beweglichkeit der S vorrichtung, daſs die hiermit verbundene Reibung nicht in tracht kommt, allein richtige Resultate geben.

6) Ein ganz auf die hier beschriebene einfache Weise c struirtes Anemometer erwähne ich gern, weil es unter den losen, später beschriebenen und angeblich verbesserten m

1 Theatr. Aerost. Cap. X. §. 122 u. 133.

2 Philos. Trans. T. II. N. XXIV. p. 444. Vom Jahre 1667.

Digitized by Google

das zweckmäſsigste und selbst im Groſsen ausführbar seyn
. Dasselbe ist von Pickering[1] neben seinen übrigen
·ologischen Apparaten angegeben worden und aus der
ıung leicht kenntlich. Die Stange AB, welche der Angabe Fig.
verlängert in einem Piedestal beweglich und unten mit 210.
Zeiger versehn seyn soll, um die Richtung des Windes
ıer Scheibe zu bezeichnen, trägt oben den an ihr befe-
Quadranten qrh aus dünnem Blech, welcher am oberen
durch eine Leiste gesteift ist, die zugleich bei q etwas
ragt, um zu verhindern, daſs nicht ein plötzlicher, hef-
Windstoſs die sogleich näher zu bezeichnende Tafel über
nausschleudere. Diese quadratische Tafel abcd hängt
ei gabelförmig vereinten Leisten, von denen nur die eine
der Figur sichtbar ist, welche den Quadranten zwischen
inschlieſsen und mit ihren oberen Enden mittelst eines
s im Centrum desselben um diesen Zapfen drehbar be-
sind. Wenn nun der Quadrant als Windfahne in die
ıng des Windes gedreht ist, so stöſst dieser lothrecht auf
heibe und hebt diese zu einer seiner Stärke proportio-
Höhe, die mittelst der auf dem Rande des Quadranten ge-
eten Grade gemessen werden kann. Man könnte den
at im Groſsen ausführen und bei hinlänglicher Gröſse
ffern, so wie bei den Zifferblättern der Uhren, auſser
ichtung des Windes auch dessen Stärke messen; Picke-
machte aber die Tafel nur einen Quadratfuſs groſs aus
ıch, welches gefirniſst und über einen Rahmen aus vier
n ausgespannt war. Der Apparat stand auf einem Pie-
, und der Schirm wurde im Jahre 1744 am 19ten Febr.
° gehoben, als man den Wind durch Sturm bezeichnete,
sten bis 79° und am 28sten bis 84°, als man an bei-
'agen heftigen Sturm notirte. Ohne weitere Vorrichtung
die Tafel bei den nachlassenden Windstöſsen wieder zu-
llen, man könnte dann in jedem Augenblicke die statt
de Gewalt des Windes beobachten, es würden aber aller-
stets unangenehme Oscillationen der Tafel statt finden[2].

---

[1] Philosophical Trans. N. 473. p. 9. Tom. XLIII.

[2] Nach meinem Dafürhalten würde es bei einer wirklichen Aus-
g angemessen seyn, die Tafel nicht zu klein, vorzüglich aber
schwer, z. B. bei etwa zwei Quadratfuſs Fläche zwischen 5 und

Digitized by Google

gerader Richtung entgegengehalten werden. In der Mitte d
oberen Randes der Scheibe befindet sich eine befestigte Sch
welche über eine an der Spindel angebrachte Rolle gezogen
in das Beobachtungszimmer herabgeht und daselbst mit e
Gewicht versehn ist. Dieses drückt die Scheibe fortwäh
gegen die Spindel in die verticale Lage; wenn aber die G
walt des Windes sie zurückstöſst, so hebt sich das Gew
zu einer der Stärke dieses Stoſses proportionalen Höhe u
zeigt hierdurch die Geschwindigkeit des Windes an, die d
ein eigenes Hebelwerk unmittelbar gemessen werden soll. D
zugleich angegebene Vorrichtung, um die Richtung des W
des und seine Neigung gegen den Horizont zu messen, k
als nicht eben zweckmäſsig übergangen werden. Ueb
sind hier nur allgemeine Umrisse angegeben, aus denen
die eigentliche Construction im Ganzen nicht wohl de
entnehmen kann. Diese hat einige Aehnlichkeit mit e
etwas früher bekannt gemachten, dem Erfinder indeſs nich
Kenntniſs gekommenen Anemometer von Demesgi[1]
sind aber so zusammengesetzt, daſs nur eine ausführliche
schreibung mit vielen Zeichnungen der einzelnen Theile
Vorstellung davon zu erzeugen vermag, und keiner von
scheint mir von so groſser Bedeutung, daſs ich es ge
fände, diese hier aufzunehmen.

9) Eins der ältesten, einfachsten und eben daher
immer brauchbarsten Anemometer ist das von Bouguer[2],
ches nachher viele Andere, z. B. Nollet[3], Zeiher[4] u.
zum Theil mit einigen unwesentlichen Verbesserungen b
ben haben. Nach seiner ursprünglichen Gestalt, die i
lieber wähle, weil sich alle anderweitige Verbesserung
hinzufügen lassen, bestand dasselbe aus einer qu
Fig. 212. Scheibe A an einer vierkantigen Stange B, welche g
doch mit geringster, durch Frictionsrollen möglichst
mindernder Reibung in das hohle vierkantige Parall

---

p. 433. Die Ab

afst. In diesem befindet sich eine Spiralfeder, welche ange B mit wachsender Kraft zurücktreibt. Weht der gegen die Scheibe A, so treibt sein Druck die Stange das hohle Parallelepipedum je nach seiner Stärke tiefer , und die auf der Stange gezeichneten Abtheilungen ge- ie Stärke dieses Druckes in bestimmten Gewichtstheilen Jm diese letzteren zu messen, wird der Apparat vertical t, die Scheibe A mit zunehmend schwereren Gewichten t, und auf der Stange B bemerkt, wie tief diese hier- das Gewicht der Scheibe selbst mitgerechnet, hinein- kt wird. Hieraus ergiebt sich dann von selbst, dafs die r Stange angemerkten Zahlen den Druck des Windes in liesen Gewichten angeben, womit dieser, bei ihm ent- erichteter Scheibe, die Stange in die Hülse zurückdrückt. s Maximum der hierbei ausgeübten Kraft zu finden und päter abzulesen, wird die Stange auf dem erreichten tief- tande durch einen leichten Sperrkeil festgehalten. Uebri- ist aber erforderlich, den Windmesser am anderen Ende ner gewöhnlichen, sehr grofsen Windfahne zu versehn, diese die zum Messen des Druckes bestimmte Scheibe chtung des Windes stets lothrecht entgegenstellt[1].

)) Nach Barlow[2] empfiehlt sich dieses Anemometer sehr seiner Einfachheit, und eben deswegen darf man auch in sehr nahe genaue Resultate von demselben erwarten. Aus Ursache hat Regnier[3] dasselbe nach einer zweckmäfsig erten Construction wieder in Vorschlag gebracht. Hier- Fig. 213. t die Tafel GK von einer gegebenen Dimension bei- n, welche dem Strome des Windes lothrecht entgegen et wird. Vermittelst eines zur Steifung dienenden Kreu- ist diese an der Stange EB festgemacht, gegen welche ler AF drückt, die im gewöhnlichen Zustande gar nicht nnt ist, um den leisesten Druck des Windes gegen die

Ein Anemometer dieser Art liefs Graf Schaafgotsch im Jahre rch Pinzger verfertigen und auf der Schneekoppe aufstellen. graphisch die Stärke des Windstofses in Pfunden und zugleich ung und Richtung des Windes. S. Kastner Archiv für Chemie eorologie. Bd. III. S. 86.

Encyclopaedia metropolitana. Art. *Pneumatics*. T. I. p. 350.

Bulletin de la Soc. d'Encouragement. N. 150.

Tafel anzuzeigen, durch das Zurückgedrücktwerden der Scheib
aber widersteht sie diesem Drucke mit wachsender Spannung
Um das dieser gleichkommende Gewicht zu bestimmen, kan
man Gewichtstücke auf die in horizontale Lage gebrachte Scheib
legen, oder dieselben an den Ring E hängen, welcher am Ende
der Stange angebracht ist. Aus der Zeichnung ersieht ma
leicht den gezahnten Theil der Stange EB, welcher in ein Ge
triebe eingreiſt, an dessen Axe der auſsen angebrachte Zeig
festsitzt. Auf dem äuſseren Zifferblatte werden dann die Zah
len gezeichnet, welche den jedesmaligen Gewichten zugehören
und indem der Zeiger dann zugleich einen andern[1] vor sic
her treibt, so giebt letzterer zugleich durch seinen Stand d
gröſste Intensität an, welche der Wind während einer b
stimmten Zeit erreicht hat. Der Kasten, worin sich dieser M
chanismus befindet, kann sehr flach und von bedeutender Grö
seyn, um zugleich die Windfahne abzugeben, welche die Me
sungsscheibe der Richtung des Windes lothrecht entgegenh
Kennte man diese Richtung genau, und bliebe sie eine an
länglich lange Zeit unverändert, so könnte man diese de
Apparat unter gewissen Neigungen entgegen halten, und a
diese Weise die diesen Winkeln zugehörige Kraft des Wind
messen.

11) Inzwischen ist die hier beschriebene Veränderung
ursprünglichen Windmessers nicht neu, vielmehr wurde
schon früher wirklich und noch obendrein zweckmäſsiger
Ausführung gebracht, als Regnier sie angab, ohne daſs jed
höchst wahrscheinlich ihm selbst dieses bekannt war. Es l
sich nämlich nicht verkennen, daſs der Raum, welchen
Ende der Feder beim Zusammendrücken durchläuft, verh
niſsmäſsig klein, ihr Widerstand aber gleich anfangs bed
groſs ist; sie verstattet daher nicht, die zunehmende S
des Windes in genügenden Abstufungen von der geringsten
zur gröſsten zu messen, wenn gleich durch den angebrach
Zeiger der durch dessen Spitze durchlaufene Raum vergrö
wird. Diesem Mangel war abgeholfen bei einem schön g
beiteten Windmesser, welchen v. Poschmann[2] zu Peters

1 Es würde am zweckmäſsigsten seyn, solche oft anwen
Zeiger durch den Namen *fliegende Zeiger* zu bezeichnen, nach
Analogie des fliegenden Index bei Sextanten und Kreisen.

2 Voigt's Magazin Th. VII. S. 463.

len Kaiser schon im Jahre 1803 verfertigte. Uebergehn hierbei die zugleich gewählte Einrichtung einer Windfahne, Stange in einen Kasten herabging, wo nach gewöhnli- Construction ein Zeiger die Windrichtung angab, eine ietnadel aber die Orientirung gestattete, so bestand der rat zum Messen der Intensität des Windes gleichfalls aus flachen Scheibe, die durch die Luftströmung zurückge- t wurde und hierbei den wachsenden Gegendruck einer nglich langen Spiralfeder überwinden mufste. Die Scheibe gleichfalls mit einer gezahnten Stange versehn, welche ein be in Bewegung setzte, an desser aufsen hervorragender ein Zeiger befestigt war, um die Intensität des Windes eben.

2) Nicht ganz von gleichem Alter, als der älteste der beschriebenen Windmesser, ist eine andere Classe, bei der Wind Räder oder Flügel umtreibt. Diese Art bietet Erfindungsgeiste ein weites Feld dar, und man hat daher erzu gehörigen Apparate vielfach abgeändert. Einer der n dieser Art ist derjenige, welchen Christian Wolff[1] ieben hat. Um die Construction des wesentlichsten Thei- selben anschaulich zu machen, dient die nur diesen dar- le Zeichnung, wobei zu bemerken, dafs dieser Mecha- sich in einem flachen Kasten befindet, welcher auf ei- apfen drehbar selbst schon durch den Wind diejenige ng annimmt, vermöge welcher die Axe AB, an deren Ende die Flügel lothrecht aufgesetzt sind, dem Winde en gewandt wird, zu welchem Zwecke noch aufserdem eine gröfsere eigentliche Windfahne angebracht ist. Fig. 214. e AB, an deren einem Ende die kleinen Windmühlenflügel so, wie an denen gewöhnlicher Windmühlen, befestigt st mit einer Schraube ohne Ende E versehn, welche in ahntes Rad F eingreift und dieses herumdreht. An die- zt die mit einer ausgehöhlten Furche versehene Stange die als Träger der in der erforderlichen Entfernung von e der Scheibe F eingelegten Kugel L dient. Durch den des Windes gegen die Flügel werden diese und die B, woran sie festsitzen, umgedreht, die Schraube ohne

---

Elementa matheseos universae. Halae 1743. 4. T. II. p. 405. a astronomiae. 1709.

Ende E dreht das gezahnte Rad F um seine Axe, und diese hebt die an ihr befestigte Stange nebst dem Gewichte L bis zu einer der Stärke des Windstoſses zugehörigen Höhe, und da die Zähne des Rades die Schraube bei abnehmender Gewalt des Windes nicht rückwärts umzudrehn vermögen, die Flügel aber ihre Axe, und somit das gezahnte Rad, bei zunehmender Stärke des Windes weiter umdrehn, so zeigt der Apparat [illegible] das Maximum der Geschwindigkeit, welche der Wind in der verflossenen Zeit erlangt hat. Die Axe des gezahnten Rades ist etwas verlängert und am vorderen Ende mit einem Zeiger versehn, welcher mit der Stange einen rechten Winkel bildet und auf einem auswärts am Kasten angebrachten Quadranten diejenigen Grade von 0° bis 90° angiebt, bis wohin die Stange gehoben wurde. Wolff bemerkt, daſs die Geschwindigkeit des Windes wohl aus diesen Graden entnommen werden könnte, bis dahin seyen aber die Gesetze des Windstoſses noch keineswegs genügend bestimmt, um eine nur annähernd genaue Berechnung darauf zu gründen. Ebendieses Anemometer beschreibt auch Leupold[1] mit einigen Abänderungen, und die Construction desselben liegt auch bei vielen andern, später bekannt gewordenen, dem Wesen nach zum Grunde. Gehler[2] schlägt nicht unzweckmäſsig vor, die Axe der Windmühlenflügel mit einer konischen Spindel, einer sogenannten Schnecke, denen ähnlich, die sich in den Uhren befinden, zu versehn, um die sich beim Umdrehn eine Schnur mit einem geeigneten Gewichte [illegible] wickelt, bis durch deren Anlangen an den zunehmend längeren Hebelarmen der Spindel zuletzt die zu hebende Last mit der Kraft des Windes ins Gleichgewicht kommt. Daſs man die Spindel mit einem Zeiger, welcher zugleich einen stillstehenden vor sich herschiebt, in Verbindung bringen und somit das Maximum des Windstoſses messen könne, versteht sich von selbst.

13) Auch dieser letztere Vorschlag ist übrigens schon [illegible] von Leutmann[3] gemacht worden, welcher den von Wolff

---

1 Theatrum machin. generale. §. 347. p. 141 sq. Theatrum [illegible] Cap. X. p. 301.

2 Wörterb. a. A. Bd. IV. S. 775.

3 Instrumenta meteorognosiae inservientia cet. Wittemberg [illegible] 8. p. 116.

Digitized by Google

:nen Apparat dadurch zu verbeſsern wünschte, hauptsäch-um auch schwächere Winde zu meſsen. Die angegebene truction wird ohne Figuren verständlich seyn. Hiernach t er eine vertical stehende, oben und unten mit konischen en in Vertiefungen leicht und mit geringer Reibung be-:che Axe. Am oberen Ende derselben befinden sich zwei der parallele, um eine angemeſsene Höhe von einander ıende Scheiben, zwischen denen, je nach der Gröſse, acht mehrere vertical stehende, sämmtlich nach einer Seite ge-mte Bleche befestigt sind, die demnach eine Art von mel bilden. Indem dann der Wind, von welcher Seite :hn mag, an den convexen Krümmungen abgleitet, sich en in den gebildeten Höhlungen fängt, treibt er diese mel stets nach der nämlichen Richtung um ihre verticale Die Trommel befindet sich über einem Kasten, in wel-der übrige Mechanismus angebracht ist; sie selbst bietet Winde von allen Seiten freien Zutritt dar, indem bloſs vertical aufgerichtete Stangen oben einen Querbalken ı, in deſsen Mitte sich die Vertiefung befindet, worin die Spitze der cylindrischen Axe läuft. Einige Zoll unter der n Decke des Kastens ist an der Axe die Schnecke mit spiralförmigen Windungen befestigt, um welche sich Schnur schlingt, bis die gröſseren Radien der Schnecke so starken Widerstand leisten, daſs der Wind denselben weiter überwinden kann. Die Schnur läuft von der ecke an über eine in verticaler Ebene angebrachte Rolle, über eine zweite, gleichfalls verticale, die mit der ersten rechte Winkel bildet, ist dann um eine Trommel geschlungen ım andern Ende mit einem angemeſsenen Gewichte be-ert. Die Axe dieser Trommel geht durch die eine Seiten-l des Kastens, und trägt an ihrem Ende einen Zeiger vor getheilten Scheibe, auf welcher man vom Nullpuncte oder gänzlichen Windstille, dem Stillstande der Trommel, an-nd die jedesmalige Stärke des Windes abliest. Um aber ich das Maximum der Intensität auch dann zu kennen, ı dieses in der Abwesenheit des Beobachters statt gefunden schiebt der erste Zeiger mittelst eines kleinen Zapfens ei-zweiten leicht beweglichen Zeiger vor sich hin und läſst auf derjenigen Stelle stehn, die das jedesmalige Maximum :bt.

Digitized by Google

14) Diesem Anemometer läſst sich das von Michael Lo-
monosow erfundene füglich anreihen, ein *selbstregistrirende*
welches zwar ausnehmend sinnreich ausgesonnen ist, schwerlic
aber den beabsichtigten Zweck in allen Stücken erreichen möcht
Eine Durchschnittszeichnung der wesentlichsten Theile wird zu
Fig. Verständniſs genügen. Die an einer hohlen runden Stange be
215. festigte, durch das Blech Q verlängerte Windfahne besteht a
einem flachen Kasten und trägt an ihrem oberen Ende das a
16 leichten, mittelst der Drähte ccc und gg gesteiften Blech
a, a, a, ... verfertigte Rad, welches durch den Stoſs de
Windes um seine Axe getrieben wird. An der Axe desselb
befindet sich das Getriebe d, welches in ein groſses gezahn
Rad F eingreift, dessen Rückgang die leichte Sperrfeder m hi
dert. An der Axe dieses Rades befindet sich das Getriebe
welches in die Zähne eines zweiten Rades M eingreift, we
dieses durch die stärkere Feder ee dagegen gedrückt wird. D
Kürze halber möge hier nur bemerkt werden, daſs zugleich über e
an der Stange festsitzende Rolle eine mit ihrem einen Ende a
Zapfen der Trommel p befestigte Schnur geschlungen ist, der
anderes Ende herabhängt und durch Anziehn das Rad aus i
Welle auslöst, um den unteren Mechanismus wieder geh
zu ordnen. Am Rade M sitzt eine Trommel p, um wel
eine Schnur gewickelt ist, die durch die Oeffnung b in
Stange gezogen in dieser herabgeht. Die den Windmesser t
gende bewegliche hohle Stange ist möglichst leicht drehbar
der Oeffnung des massiven Stückes TT, welches sich auf
Spitze des Daches befindet und mit dem konischen Forts
GG versehn ist, wobei zugleich der Schirm RR dazu di
den Regen und Schnee von der Oeffnung abzuhalten. D
untere Ende der Stange ruht mit seinem konischen Zapfen
einer Vertiefung des massiven Bodenstückes KK und trägt
einem Arm die (unnöthiger Weise in einen Kasten ein
schlossene) Trommel H, um welche die herabgehende Schnu
viele Male umgewickelt ist. Nimmt man hinzu, daſs über d
Bodenstücke KK die Windrose horizontal ausgebreitet liegt,
übersieht man bald den Gebrauch dieses Anemometers. Zu
kann man das untere Ende der Stange mit einem Zeiger v
sehn, welcher die jedesmalige Richtung des Windes angi
oder es geschieht dieses schon von selbst durch die Trommel
Letztere giebt auſserdem, wenn sie auf 0 gestellt ist, mitte

kleinen Zeigers n die Umdrehung an, ist aber auſserdem
chen u und y mit einer gebogenen Glasröhre versehn,
n sich Quecksilber befindet, wovon ein Theil ausläuft, so-
sie durch Umdrehung der Trommel den tiefsten Stand
ten hat. Hierdurch beabsichtigt Lomonosow Selbstregi-
ıng zu erhalten. Zu diesem Zwecke ist die Windrose in
iele Fächer getheilt, als man Windrichtungen beobachten
die Trommel dreht sich um so öfter um, je stärker der
l weht, und die Quantität des ausgeflossenen Quecksil-
giebt dann die Stärke des Windes, das Gefach aber die-
: Richtung an, aus welcher derselbe geweht hat. Durch
hen der oben erwähnten Schnur wird dann das Rad M
löst, die Trommel H während dieser Zeit nach Umwin-
seiner Schnur wieder auf 0 gestellt, das Quecksilber auf
ıete Weise wieder in die Röhre gefüllt, und die Feder ee
das Rad M gegen das Getriebe, worauf das Spiel des
anismus abermals beginnt.

Um das Verhältniſs zwischen der Umdrehung der Trom-
l und der Geschwindigkeit des Windes zu finden, bringt
nosow das von Bouguer empfohlene Verfahren in Vor-
;. Man miſst zu einer gewissen Zeit mittelst fliegender
ıfedern die Geschwindigkeit der Luftbewegung, und be-
zugleich, um wie viel, vom 0 Puncte an gezählt, sich
rommel H umdreht. Ist dieses aufgefunden, so ergiebt
ieraus das Verhältniſs dieser Umdrehungen in einer ge-
en Zeit zur Geschwindigkeit des Windes, wobei voraus-
t wird, daſs die Reibung ohne Einfluſs ist und die Menge
mläufe des Flügelrades in einer gegebenen Zeit mit der
windigkeit des Windes im geraden Verhältnisse wächst.
nosow's Anemometer ist zugleich ein selbstregistrirendes,
s würde hauptsächlich wegen seiner Einfachheit auf Vor-
hkeit Anspruch haben, wenn es möglich wäre, die Quan-
les bei jeder Umdrehung der Trommel H ausflieſsenden
silbers genau zu moderiren, so daſs nach einer gegebe-
eit das Maſs der in den verschiedenen Zellen vorhande-
Ienge desselben die Zahl der Umdrehungen der Trommel,
ı die Geschwindigkeit des Windes, die Gefächer aber,
dasselbe angesammelt ist, die Richtung desselben angä-
was immerhin vollkommen genügend seyn würde. Allein
kaum abzusehn, auf welche Weise diese Aufgabe gelöst

Digitized by Google

werden könnte; denn so wie hier angegeben worden ist, m
nothwendig mehr Quecksilber ausflieſsen, wenn die Trom
sich langsam dreht oder wenn sie gar zufällig in Folge ei
eingetretenen Windstille mit ihrer Oeffnung nach unten g
kehrt eine Zeit lang still stehn sollte. Inzwischen wäre d
sem Uebelstande leicht abzuhelfen, wenn man z. B. in ei
Rinne Kugeln herabrollen, allezeit die vorderste in eine se
wärts befindliche Rinne treten lieſse und dann die Einricht
träfe, daſs diese Kugel bei jeder Umdrehung der Trom
durch einen an derselben befindlichen Stift in das Gefäſs d
Windrose geschoben würde, anderer, nicht eben schwieri
Mechanismen nicht zu gedenken. Bei wirklicher Anwend
müſsten auſserdem die Flügel des obersten Rades gegen Re
und Schnee und den Schmuz sich darauf setzender Vögel du
eine geeignete Bedachung geschützt werden.

15) Dasjenige Anemometer, von welchem am meisten A
hebens gemacht, welches aber dennoch vermuthlich nie
wirklich ausgeführt wurde, weil es sich allzuweit von de
solche Apparate unentbehrlichen Einfachheit entfernt, is
durch d'Ons-en-Bray[1] in Vorschlag gebrachte. Die d
sechs groſse Kupfertafeln erläuterte Beschreibung so vollst
mitzutheilen, daſs sie dem Künstler zum Verfertigen dess
genügte, würde für unsern Zweck zu weitläuftig und u
weniger nützlich seyn, als zuverlässig niemand gegenw
dieses verlangen wird. Folgende Angaben werden indeſs g
nügen, um eine allgemeine Vorstellung davon zu erhalten. I
Ganze besteht aus drei abgesonderten Apparaten, die vere
eine graphische Darstellung der Richtung und Stärke des W
des für je 24 Stunden geben, was zwar in der Idee sehr
lockend, in der Ausführung aber so complicirt ist und so v
Mühe erfordert, daſs es fast ebenso leicht seyn würde, d
dieses sicherer durch unausgesetzte Beobachtungen zu erreich
Um die Richtung des Windes zu wissen, dient eine geme
Windfahne, welche hinlänglich groſs und daher sowohl le
beweglich, als auch mit genügender Kraft wirkend eine d
vom Dache herab in das Beobachtungs- oder Messungszim
fortgehende Stange in Bewegung setzt. Unten in diesem Zi
mer ist die Stange mit einem starken Cylinder versehn,
welchen in einer schraubenförmig ihn umgebenden Linie

1 Histoire de l'Acad. des Sciences. Ann. 1734. p. 123.

te eingeschlagen sind, die zur Bezeichnung der 32 Windtungen dienen. Wie sogleich von selbst auffallen muſs, de eine bedeutende Vereinfachung schon dadurch herbeige-'t werden, wenn man statt dieser 32 nur 16 wählte, was jeden Fall genügen würde. An diesem Cylinder, seiner parallel, wird die Fläche eines breiten und sehr langen ifens Papier vorbeigeführt, und da die einzelnen Stifte ver-;e der schraubenförmigen Windung sich in ungleicher Höhe ıden, so streift allezeit, je nach der Drehung der Wind-ıe, nur einer oder auch zwei Stifte, wenn die Windrich-; in die Mitte zwischen beide fällt, über die Fläche des ihnen hingezogenen Papierstreifens. Um aber hierbei das ier nicht zu zerreiſsen, haben die Stifte eine umgebogene, inem Scharnier bewegliche Spitze, deren krumme Enden ı beim Rückgange oder bei wiederholten Drehungen des inders nicht in das Papier einhaken können, die aber durch kleine Feder gerade genügend angedrückt werden, um ei- sichtbaren Strich auf dem Papier zu erzeugen. Das Papier d nach einer von Winslow angegebenen Verfahrungsweise ns bereitet, indem man gewöhnliches starkes Schreibpapier calcinirtem Hirschhorn einreibt, auf welchem dann die Stifte n Streif wie von Bleistift zeichnen, und wenn man es ıher wieder abreibt, so kann es wiederholt gebraucht wer-. Der etliche Fuſs lange Streif wird auf zwei vertical ste-de Walzen gewunden, so daſs er genügend straff angezogen gleichzeitig von der einen abwickelt und auf die andere vickelt. Beide Walzen werden durch ein Uhrwerk, wel-: den zweiten Hauptheil des ganzen Apparates bildet, um verticale Axe gedreht, und somit ist ein regelmäſsi- Auf- und Abwickeln gegeben; auch wäre, da die Uhr Stunden gehn soll, hiermit die Zeit von selbst bestimmt; aber nicht jederzeit durch den Anfang der Bewegung ge-dert und um der hierdurch nöthigen Reductionen überhoben seyn, ist noch ein zweiter Mechanismus angebracht, ver-ge dessen ein kleines Hämmerchen jede Viertelstunde gegen en federnden Stift schlägt, welcher im oberen Rande des Pa-streifens ein Loch macht, so daſs neben den Strichen, die Windrichtung anzeigen, auch die zugehörige Zeit durch e Löcher auf dem Papiere bezeichnet ist. Ob die schon diese Weise durchlöcherten Streifen sich zum zweiten oder

gar dritten Male gebrauchen laſsen, ohne Verwirrung zu erzeu-gen, möge auf sich beruhn; es ergiebt sich aber von selbst die groſse Mühe, die das Abnehmen, Einsetzen und Bezeichnen dieser Streifen verursacht, auſserdem aber räth d'Ons-en-Bray mehrere Walzen mit den gehörigen Streifen in Bereitschaft zu halten, um die einen schneller wegnehmen und die andern einsetzen zu können, damit keine zu groſse Zwischenzeit verloren gehe.

Um die Geschwindigkeit des Windes zu messen, befindet sich unter der Windfahne eine Trommel (*Moulin à la Polonaise*) von gleicher Einrichtung, als die oben angegebene, von Leutmann empfohlene, die durch den Wind seiner Stärke proportional schneller herumgetrieben wird. Am tiefer herabgehenden Ende der diese Trommel tragenden Axe ist ein gezahntes Rad, welches in ein Getriebe eingreift und dieses herumdreht. Von diesem geht eine Stange in das Beobachtungszimmer hinab, und um hinsichtlich der weiteren Beschreibung kurz zu seyn, wird es genügen zu bemerken, daſs nach der Einrichtung des zugehörigen Räderwerkes 400 Umläufe der Trommel erfordert werden, um einen kleinen Hammer zu heben, der dann gegen einen Stift schlägt und mittelst desselben in einen Streifen Papier an dessen oberem Rande ein Löchelchen bohrt. Diese Papierstreifen sollen 18 bis 20 Fuſs lang und 1,5 Zoll breit seyn; sie werden auf gleiche Weise, als die beschriebenen breiteren, von einer Walze auf die andere durch das im Beobachtungszimmer befindliche Uhrwerk gewickelt, und während am oberen Rande derselben die genannten Löcher zum Zählen der Umdrehungen der Trommel eingestochen werden, ist ein dem bereits beschriebenen gleicher Mechanismus angebracht, mittelst dessen am unteren Rande jede Viertelstunde Löcher eingeschlagen werden. So wie daher die breiten Streifen die den Zeiten zugehörigen Windrichtungen graphisch darstellen, geben die schmalen die denselben Zeiten zukommenden Intensitäten. Um aber die den Umdrehungen der Trommel zugehörigen Geschwindigkeiten des Windes aufzufinden, verspricht d'Ons-en-Bray eine Reihe neuer Versuche anzustellen und deren Resultate mitzutheilen, was aber, so viel mir bekannt, nicht geschehn ist.

Man begreift leicht, daſs die sämmtlichen, hier angegebenen Mechanismen im Bereiche der Möglichkeit liegen, und selbst

Ausführung, wenn man die dazu erforderlichen Kosten
ꞏnden wollte, würde mit keinen bedeutenden Schwierig-
ı verbunden seyn. Wenn man aber namentlich bei dem
:t beschriebenen Windmesser den Aufwand von Zeit be-
ichtigt, welchen die Präparation des Papiers, das Auf- und
ckeln desselben auf die Walzen, das Aufziehn und Rich-
ler Uhr und das Eintragen der erhaltenen Linien und
e in das Beobachtungsjournal erfordern würden, so steht
mit dem erhaltenen Resultate in keinem angemessenen
ltnisse, denn meteorologische Register von einem und
lben Orte verlieren durch allzugroſse Ausführlichkeit und
ch erschwerte Uebersicht überhaupt an Werth; zu inter-
en und wichtigen Schlüssen gelangt man dagegen nur
st nicht zu zahlreicher, aber genauer Beobachtungen, die
rschiedenen, ungleich weit von einander abstehenden Or-
leichzeitig angestellt worden sind.

|6) Um die am meisten bekannt gewordenen Windmesser
ihrer ungefähren Zeitfolge zu ordnen, möge hier derjenige
nt werden, welchen Pélisson[1] angab und durch den
acher Droz verfertigen lieſs. Derselbe bestand aus vier
n Windmühlenflügeln an einer beweglichen horizontalen
die durch eine geeignete Windfahne jederzeit dem herr-
den Winde entgegengehalten und durch diesen umgetrieben
n. Die Axe war mit einem Ansatze versehn, welcher
dem Umlaufe ein gezahntes Rad mit 100 Zähnen um ei-
ahn weiter rückte, wodurch zugleich ein Hammer geho-
vurde, welcher sich nach einer ganzen Umdrehung dieses
auslöste und gegen eine Glocke schlug. Hiernach er-
bei je 100 Umläufen der Windmühle ein Schlag, und je
icher diese letzteren in einer gegebenen Zeit erfolgten,
stärker war der Wind. Ein bestimmtes Verhältniſs zwi-
der Zahl dieser Umläufe der Windmühle und der zuge-
en Geschwindigkeit des Windes ist indeſs nicht angege-
das Werkzeug war daher mehr eine auf dem Dache des
ichters angebrachte interessante und amüsante Spielerei, als
igentlicher Meſsapparat; obendrein aber wäre eine unaus-
:te Aufmerksamkeit auf die Schläge der Glocke eine all-
l Zeit raubende Aufgabe.

Beobachtungen und Entdeckungen aus der Naturkunde von ei-
esellschaft naturforschender Freunde in Berlin. 1790. Th. X.

17) Wenden wir uns zu den neueren, einfacher und zweckmäſsiger construirten Apparaten, die der Messung des Windes gewidmet sind, so zerfallen sie in zwei Classen, deren eine die selbstregistrirenden Windfahnen, die andere die Vorrichtungen zum Messen der Stärke des Windes in sich faſst. Die erste, die Classe der *Anemographen* (welche Bezeichnung ich für richtiger halte, als die gebräuchliche *Anemometrographen*) dürfte die wichtigste seyn, denn die Kenntniſs der Windrichtungen und ihrer Wechsel ist für die Einsicht der Windverhältnisse bei weitem am wesentlichsten, und da es einen allzugroſsen Aufwand von Zeit und Mühe erfordert, unausgesetzt bei Tage und bei Nacht zu beobachten, so muſs es allerdings als sehr wünschenswerth erscheinen, dieser zeitraubenden Anstrengung überhoben zu seyn und dennoch die wechselnden Windrichtungen genau zu kennen. Die Stärke oder vielmehr die Geschwindigkeit des Windes zu messen ist nur in einzelnen Fällen, namentlich bei heftigen Stürmen, in wissenschaftlicher Hinsicht wichtig, um die Wirkungen desselben mit bestehenden mechanischen Gesetzen in Einklang zu bringen; eine fortdauernde, durch künstliche Apparate zu erreichende Aufzeichnung der Stärke des Windes dürfte dagegen als ein minder nöthiger Luxus erscheinen. Wir wollen daher die vorzüglichsten, für beide Zwecke gemachten Vorschläge zusammenstellen und dabei der ersten Classe die gröſste Aufmerksamkeit zuwenden, um so mehr, da gegenwärtig gegründete Hoffnung vorhanden ist, durch correspondirende Beobachtungen die Gesetze der Meteorologie genauer zu ergründen, wobei die Wechsel der Windrichtungen von sehr groſser Bedeutung sind.

18) Der früheste, sehr zweckmäſsige und bei der Anführung als brauchbar bewährte Anemograph, welchen Landriani[1] auf seinem Observatorium in Mailand errichtete, ist mit Hülfe einer Zeichnung seiner wesentlichsten Theile leicht zu verstehn. Zur Verminderung des Raumes ist die Windfahne, welche aus einem hinlänglich langen, durch eine Kugel als Gegengewicht balancirten Bleche besteht, weggelassen. Die gewöhnliche Fahne ist an einer hinlänglich langen, in das Beobachtungszimmer herabgehenden, eisernen Stange NN fest- (Fig. 216.)
sitzend, die, wie gewöhnlich, mit ihrer unteren stählernen

1 Gothaisches Magazin. Th. XI. S. 93.

e leicht beweglich in einer konisch ausgehöhlten Vertie- einer Scheibe von Glockenspeise ruht. Am unteren Theile · Stange sind für die acht Windrichtungen eigenthümlich ruirte Hebelarme aufgeschraubt, deren Beschaffenheit aus Zeichnung im vergröſserten Maſsstabe leicht hervorgeht. iserner Ring w w dient dazu, sie auf die Stange zu schie- Fig. 217. nd bequem in die erforderliche Richtung zu bringen, wo ermittelst der Klemmschraube h unbeweglich festgestellt n. Gegenüber ist ein hohler Cylinder angebracht, in en ein Stab mit einem Bogenstücke r r gesteckt und st der Klemmschraube t gleichfalls festgestellt wird. Die- orizontal liegende, an den Enden etwas aufwärts ge- nte Bogen miſst gerade einen Octanten, und man kann eicht vorstellen, daſs, wenn deren acht in einer Schrau- ie auf der eisernen Stange in gehörigem Abstande aufge- werden, diese Bogen im Ganzen einen Kreis bilden. Je- on ihnen gehört somit zu einer der acht Windrichtungen nuſs durch die Drehung der Windfahne von selbst dem pparate des Windes gegenüber zu stehn kommen. Es : überflüssig seyn, sie alle in ihren verschiedenen Stel- n zu zeichnen, und es genügt vielmehr, dieses nur bei zu thun. Der zum Aufzeichnen der Windrichtungen Fig. 216. nde Apparat besteht aus dem Rahmen ACB, dessen un- itange D in einer Hülse auf und ab verschiebbar ist und eine Klemmschraube in der gehörigen Höhe festgestellt Durch diesen Rahmen gehn die horizontalen vierkan- Stäbe p, p, p, ... mit Hülsen a, a, a, ... an ihren ı, durch welche die verticalen Stäbe l, l, l, ... gesteckt n, die als Träger der Zeichenstifte dienen. Die Hülsen a, ... sind entweder federnd, um diese Träger in be- er Höhe festzustellen, oder Letzteres geschieht mittelst mschrauben, was Landriani wählte, mir aber minder dienlich scheint. Die horizontalen Stäbe sind in dem kel AC des Rahmens mittelst durchgesteckter Stifte be- ch, ruhn aber auf schwachen Federn im andern Schenkel die zwar die Berührung der Zeichenstifte mit der Glas- nicht hindern, wohl aber ihren Druck auf dieselbe bei Stäben gleichmachen und hauptsächlich bei den längeren n gewaltsames Auffallen verhüten. Bringt der Wind mit- der Drehung der Stange NN einen der Bogen über das

Ende p eines der Stäbe, so wird der kürzere Hebelarm nie-
dergedrückt, die Zeichenspitze auſser Berührung mit der Gla-
tafel gesetzt, und die dieser zugehörige Windrichtung wird da-
her nicht gezeichnet, was so lange dauert, als der Bogen t den
Hebelarm niederhält. Entfernt sich der Octant von dem ih
zugehörigen Hebelarme, so fällt der Zeichenstift wieder auf di
Scheibe herab, gleichzeitig muſs dann aber ein anderer Octa
den ihm zugehörigen Hebelarm niederdrücken, wobei das Hi
auf- und Herabgleiten der Octanten auf die Hebelarme leic
erfolgt, weil die ersteren an beiden Enden etwas aufgebog
sind, so daſs auch ein Rückgang der Windrichtung auf gle
Weise mit Sicherheit bezeichnet wird.

Die Tafel MM ist kreisrund, liegt genau horizontal u
kann mittelst einer Stellschraube herabgelassen, dann unter d
Stiften weggezogen und gereinigt werden. Sie besteht aus ei
dickem Spiegelglase, und ist auf einem Zapfen befestigt, w
cher in einer Hülse steckend mittelst eines Uhrwerks bin
12 Stunden einmal herumgedreht wird, so daſs die Sch
sich gleichfalls in horizontaler Ebene binnen dieser Zeit e
ganz herumdreht. Auf ihrer oberen Seite ist sie mit Sch
matt geschliffen, damit auf dieser rauhen Fläche die Zeich
stifte sichtbare Linien zurücklassen. Durch sieben concen
sche Kreise ist sie in acht Ringe getheilt, deren jeder eine
acht Windrichtungen zugehört, die auf der Scheibe geh
bezeichnet sind. Auſserdem ist die Scheibe in 12 Secto
getheilt, jeder derselben einer Stunde zugehörig, der Bogen
des Sectors ist aber wieder in 30 Theile getheilt, deren
also einem Zeitabschnitte von zwei Minuten zugehört, so
man von zwei zu zwei Minuten die in jeder Stunde vorg
mene Windrichtung erkennt.

Hiernach ist die ganze Einrichtung leicht verständlich
es braucht kaum erinnert zu werden, daſs man einen jeden
Ringe mit ihren Bogen auf der Windfahnenstange in die
Stellung bringen müsse, vermöge welcher der ihm zuge
Stift den auf der Scheibe hiernach bezeichneten Streifen
Dieses ist leicht zu bewerkstelligen; denn da die Ringe
ner Schraubenlinie ganz um die Stange herumgehn, s
man nur z. B. den obersten Ring so stellen, daſs bei ge
Nordwinde die Mitte seines Octanten den obersten Heb
niederdrückt, wenn der dem Centrum der Scheibe nächste S

Nord bezeichnet iſt. Für die normale Drehung des Win- würde dann der zweite Ring der Richtung NO. zugehören w., wenn die folgenden Streifen in dieſer Ordnung bis äuſserſten für NW. ebenſo bezeichnet ſind. Eine rück- ge Drehung des Windes ſchadet hierbei nichts, denn die der Octanten ſind an ihren beiden Enden etwas aufge- , ſo daſs ſie nach jeder Seite hin über die kurzen Hebel- fortgleiten und dieſe niederdrücken. So weit ein Strich er Scheibe fehlt, herrſchte während der Zeit der dieſem m zugehörige Wind und das Diarium der Windrichtungen hiernach leicht geführt werden.

So weit dürfte der Apparat ſeinem Zwecke vollkommen eſſen ſeyn, vorausgeſetzt, daſs die Stifthalter 1, 1, 1, ... ge ihrer Länge durch den Widerſtand beim Zeichnen nicht rer verticalen Lage kommen, was dadurch zu erreichen daſs man ſie ſo kurz, als möglich, herrichtet, und ſol- eichenſtifte wählt, die leicht über die Scheibe hingleiten, ch aber einen ſichtbaren Strich erzeugen[1]. Landriani ch einige Einrichtungen angebracht, die mir minder we- h für den Hauptzweck und mehr für eine elegante Dar- g beſtimmt zu ſeyn ſcheinen. Bleiſtift giebt ſchwer iche Linien auf matt geſchliffenem Glaſe, weicher Roth- Röthel) dagegen leicht kenntliche, doch müſste erſt un- t werden, ob dieſes auch dann der Fall iſt, wenn ein nger Druck gegen die Fläche ſtatt findet, daſs die Stäbe durch nicht biegen. Landriani wählte ſtatt dieſer Stifte ſehr enge zulaufende, mit farbiger Tinte angefüllte, ko- Röhren, aus denen die Flüſsigkeit für ſich nicht aus- wohl aber auf der Scheibe einen Strich zurückließs. Die t nicht verwerflich, wenn es gleich der verſchiedenen gen nicht bedarf, welche vom Erfinder der Eleganz we- wählt wurden. Der gegebenen Anweiſung nach ſoll man

---

[1] Es lieſse ſich dieſes durch eine Strebeleiſte erreichen, die an te angebracht werden müſste, wohin ſich die Scheibe dreht. fte die Stifthalter nur kaum berühren, würde alſo nicht das derſelben, was ohnehin mit bedeutender Kraft geſchieht, e Weiſe aber ihr Herabſinken, wohl aber ihr Ausweichen in er Reibung auf der Scheibe hindern. Der Deutlichkeit wegen Strebeleiſte in der Zeichnung durch eine punctirte Linie an- t.

auſserdem den ganzen Rahmen ACB in seiner Hülse in Höhe ziehn und mittelst einer Stellschraube feststellen, d die gezeichnete Scheibe flach auf den Tisch legen, mit einer g groſsen Scheibe genäſsten Papiers bedecken und dieses mit eines weichen Ballens andrücken, damit die gezeichneten nien sich darauf abdrucken, zu welchem Ende die Glassc mit einem Firniſs überzogen werden muſs. Dieses ge zwar einen angenehmen Anblick, allein es führt den bei teorologischen Registern einzelner Orte so gewöhnlichen sentlichen Nachtheil herbei, daſs sie wegen zu groſse führlichkeit an Leichtigkeit der Uebersicht verlieren und gleich zu kostbar werden, als daſs die Meteorologen von sie anschaffen könnten. Die beste Methode des *Aufzeic der Windrichtungen* bleibt immer die von Ross gew wonach man in der ersten Verticalcolumne die Tage bes diesen acht Columnen für die acht Winde anreiht, die die Ueberschriften bezeichnet werden, und unter dieser Zahl der Stunden bemerkt, während welcher die ge Winde herrschten, wonach dann die in einer jeden hor len Reihe angegebenen Stunden allezeit zusammenaddirt ben müssen. Bedient man sich für diesen Zweck des be schriebenen Anemographen, so würde erforderlich seyn, gleiche Glasscheiben bereit zu haben und nach Wegnahme einen sogleich die andere einzusetzen, nachher aber die tragung der Resultate der ersteren in das Register vorz men. Geschieht das Zeichnen der Linien mit Rothstif lassen sich dieselben durch Abwischen mit einem nassen chen leicht wegnehmen, und die Scheibe ist zum wieder Einsetzen wieder hergestellt.

19) Durch die Bekanntwerdung dieses Anemographen Parrot[1] der Aeltere zu der Anzeige veranlaſst, daſs er früher einen ähnlichen Apparat sowohl im Kleinen als im Groſsen habe ausführen lassen. Die Einrichtung war im die nämliche, jedoch hatte der Apparat 16 Claves, und der Octanten Rollen, die über die Hebelarme hinglitten hierdurch den Wechsel der Windrichtungen anschaulicher stellten.

20) Neuerdings haben insbesondere die Engländer

1 Voigt's Magazin. Bd. I. St. 2. S. 144.

Digitized by Google

s auf die Verbesserung der selbstregistrirenden Anemoskope andt. Um die vorzüglichsten derselben hier anzugeben, zuerst das von Traill[1] erwähnt werden, wovon er die Notiz bei der Versammlung der Naturforscher zu Ham- im Herbst 1830 mittheilte. Dasselbe besteht in seiner Fig. 218. chsten Gestalt aus einer gewöhnlichen Windfahne b an ei- etallenen Stange aa, die bei gröſserer Länge der leichte- eweglichkeit wegen zwischen Frictionsrollen oder, wenn ürzer ist, in geeigneten Ringen umläuft. Am unteren ist sie mit einem stählernen Kegel versehn, welcher auf Feuersteine mit einer Vertiefung, wie sich solche oft bei Fossilien finden, ruhet. Letzterer wird in der Mitte gewöhnlichen runden Schreibschieferplatte befestigt, auf äuſserem Rande die Windrichtungen eingegraben sind. vier Zoll über dieser Tafel ist der horizontale Arm c be-, welcher die federnde Hülse d trägt, in welche ein erzeichenstift eingesetzt wird, welcher beim Drehen der fahne und ihrer Stange die Windrichtung aufzeichnet, und erbei den erforderlichen Druck zu erhalten und diesen g zu mäſsigen, dient das verschiebbare Gewicht e auf horizontalen Arme. Findet man es unbequem, die ichtung auf diese Weise kenntlich zu machen, so em- Traill eine andere ältere, oben §. 3 bereits erwähnte htung, von welcher wir hier der Vollständigkeit wegen alls eine Zeichnung mittheilen, mit dem Bemerken, daſs rrichtung nach den vorhandenen Localitäten beliebig ab- rt werden kann, wenn nur im Allgemeinen die Lage des in einer verticalen Ebene beibehalten wird. Die Stange Fig. 219. t hiernach bei d in einen Kasten und ist mit einem hori- n gezahnten Rade e versehn, dessen Zähne in die eines n vertical stehenden c eingreifen, und da beide gleich ind, so werden sie auch gleich viele Umläufe machen. e des zweiten Rades geht durch die Wandung des Ka- nd ist an ihrem Ende mit einem Zeiger versehn, wel- or einer porzellanenen Scheibe umläuft, auf deren Rande indrichtungen gezeichnet sind. Anfangs versah Traill e Ende f dieses Zeigers mit einer Hülse und einem

---

Edinburgh New Philos. Journ. N. XXXV. p. 193. Genauer be- n N. XLIV. p. 313.

d. Yyyyyy

darin steckenden Bleistift, welcher auf der Porzellantafel einen feinen, aber sehr kenntlichen Strich zog; weil sich aber die Spitze des Stiftes abnutzte und dann nicht mehr zeichnete, so schien es zweckmäſsiger, zwei registrirende Zeiger g, g anzubringen, welche die äuſsersten Grenzen der statt gehabten Windrichtungen angaben. Es scheint indeſs, als habe Traill sich durch diese Schwierigkeit zu schnell abschrecken lassen, da sie doch sehr leicht zu überwinden wäre, wenn man dem Zeigerarme f eine leichte Feder hinzufügte, die den eingesteckten Stift ungefähr mit der nämlichen Kraft gegen die verticale Scheibe drückte, als bei dem vorhin beschriebenen einfachen *Anemographen* das Gewicht e den horizontalen Arm gegen die horizontale Scheibe drückt. Man könnte bei dieser Einrichtung statt des porzellanenen Zifferblattes gleichfalls eine Schiefertafel wählen, wenn die Linien auf dieser sichtbarer werden. Eine Erweiterung des Apparates, wonach mittelst eines zweiten gezahnten Rades noch auſserdem vier Umläufe der Windfahne gemessen werden können, halte ich für überflüssig, im Einzelnen zu beschreiben, da doch, wie Traill richtig bemerkt, täglich mindestens einmal nachgesehn werden muſs und der Wind schwerlich jemals binnen 24 Stunden mehr als einen ganzen Umlauf machen wird, es sey denn bei einem heftigen Sturme, in welchem Falle man ohnehin öfter beobachten müſste, um die Zeit der Aenderungen genauer zu erforschen. Um das Hineinfallen des Staubes in den Kasten zu verhüten, ist mit der Stange der Windfahne ein kleines Schutzdach verbunden, welches aus der bloſsen Zeichnung deutlich wird. Bei dem eleganten, von Traill vorgezeigten kleinen Apparate, dessen Stange von Messing war, dürfte diese Vorrichtung wegen der Feinheit der Räder schon zur Sicherung gegen Staub nothwendig seyn, würde aber die Vorrichtung im Groſsen ausgeführt, wozu sie sich sehr gut eignet, so erfordert die Sicherung gegen Regen und Schnee dieses Schutzmittel nothwendig.

Fig. 220.

21) Der Vollständigkeit wegen möge noch ein Anemometer erwähnt werden, wovon schwerlich später Gebrauch gemacht wurde. Dasselbe ist von B. M. Foster[1] angegeben worden und dazu bestimmt, die durch Windfahnen nicht wohl meſsbaren schwachen Luftströmungen zu messen. Veranlassung hierzu

1 Edinburgh Journal of Science. N. XVII. p. 167.

› das bekannte Verfahren der Jäger, die für dieſen Zweck en benetzten Finger vertical in die Höhe halten und die ındrichtung aus dem Streifen an deſſen Oberfläche erkennen, lcher eine mit der Stärke des Windes zunehmende empfind- ıe Kälte zeigt, weil die ſtets neu herbeigeführte Luft die dampfung befördert und daher den Streifen, welcher in der htung der herrſchenden Luftſtrömung liegt, am ſtärkſten ıltet. Dieſes Mittel iſt in der That ſehr zweckmäſsig, es tet wirklich alles, was man bei der Einfachheit deſſelben arten darf, und es wäre daher am angemeſſenſten, daſſelbe erändert beibehalten; ſtatt deſſen ſoll man einen ſechsecki- (warum nicht lieber einen achteckigen nach den acht Wind- tungen?), der Zeichnung nach etwa 3 Zoll hohen und 8 Z. ten Kaſten nehmen, in die ſechs Seiten deſſelben runde her ſchneiden und dieſe mit benetztem Flieſspapier über- ›en. Von dieſen Scheiben werden diejenigen am ſchnellſten knen, welche der herrſchenden Windrichtung entgegenſtehn, aus ihrer ungleichen Trockenheit ſoll dann auf dieſe Wind- tung geſchloſſen werden. Wenn man aber berückſichtigt, ſchwer es halten würde, bei den ſechs einzelnen Papier- ıiben einen gleichen Grad der Benetzung zu erreichen, wie ıöglich aber ein eigentliches Trockenheitsmaſs zu erhalten e, abgerechnet daſs unter geeigneten Umſtänden das Aus- knen aller Scheiben in ſehr kurzer Zeit erfolgen könnte, ſo s die groſse Mühe auf der einen Seite und die geringe ärfe der Meſſung auf der andern nothwendig von der wirk- en Ausführung abhalten.

Brewster[1] meint, das Inſtrument lieſse ſich ſehr ver- ern, wenn in jeder der Oeffnungen ein das Minimum der ıperatur regiſtrirendes, mit naſſem Papier bedecktes Ther- ıeter angebracht würde, um nach einer gegebenen Zeit hier- h über das Verhalten der Winde urtheilen zu können. Auf e Weiſe könne man auch in Abweſenheit des Beobachters die Veränderungen der Windrichtungen, und was in die- Beziehung während einer gegebenen Zeit vorgegangen ſey, kunft erhalten. Die Kugeln der Thermometer könnten durch ad eine geeignete Vorrichtung leicht fortdauernd naſs er- ːn werden; man könne auſserdem auch eine gröſsere Zahl

1 In einer Anm. a. a. O.

Thermometer vereinigen und eins derselben gegen jeden Ein-
fluſs des Windes schützen, um hiermit die übrigen zu verglei-
chen. Es bedarf indeſs wohl kaum der Mühe, ungeachtet der
bedeutenden Autorität des Urhebers auch dieser letzteren Vor-
richtung, die groſsen Schwierigkeiten geltend zu machen, die
der Ausführung dieser Idee im Wege stehn und sie bis zur
gänzlichen Unbrauchbarkeit herabsinken machen. Unter andern
dürften die Löcher hierbei nicht offen seyn, weil sonst der
durchstreichende Wind zwei gegenüberstehende Thermometer
afficiren würde, das benetzte Papier würde dabei wegfallen und
man erhielte einen bloſsen kantigen Kasten. Denken wir uns
den letzteren sechseckig und den Wind in einer gewissen Rich-
tung wehend, so würde er die normal getroffene und die bei-
den dieser zunächst liegenden Seiten ohne Zweifel auf glei-
Weise afficiren, weil er an den letzteren freier hinstreicht,
der ersteren aber sich aufstauet. Hierbei ist die Kostbar
eines solchen Apparates und die gänzliche Unbestimmtheit
Zeit, wann der abkühlende Wind wehte, noch gar nicht be-
rücksichtigt, nicht zu gedenken, daſs so schwache Winde,
die leichteste Fahne zu drehn unvermögend sind, kaum
einigem Interesse seyn dürften.

22) Charles Atherton[1] hat einen Anemograph in V
schlag gebracht, welcher zugleich mit einem zum *Messen*
Fluthhöhen bestimmten Apparate verbunden ist. Letzterer ma
den Haupttheil aus und besteht aus einem Kasten, welc
durch das steigende Niveau des Meeres gehoben wird, wäh
ein Stift auf einer durch ein Uhrwerk um ihre Axe gedreh
Scheibe diese Höhen aufzeichnet. Eben dieses Uhrwerk
wegt eine zweite Scheibe, auf welcher ein durch die Wi
fahne bewegter Pinsel insbesondere die Unruhe und den hä
figen Wechsel der Winde darstellt. Dem Wesen nach lie
bei dem letzteren keine anderweitig nicht schon bekannten M
chanismen zum Grunde, und ich glaube mich daher einer
Einzelne eingehenden Beschreibung überheben zu können.

Bloſse *Anemographen* oder solche mechanische Vorrich-
gen, welche die wechselnden Windrichtungen aufzeichnen,
so einfach in ihrer Construction, daſs die hierzu erforderli
mechanischen Vorrichtungen dem Erfindungsgeiste kein we

1 Edinburgh New Philos. Journ. N. XXXVI. p. 311.

Digitized by Google

l eröffnen, und nach dem hierüber Mitgetheilten kam man
-r stets wieder mit unbedeutenden Abänderungen auf die
eren Vorschläge zurück. Auſserdem ist die Selbstregistrirung
Windrichtungen, einzelne besondere Ausnahmen abgerech-
eigentlich nur ein Luxus, denn für die Meteorologie ge-
es, wenn eine gute Windfahne nur ein oder etliche Male
ch beobachtet wird, und geht dann ein Zeiger der beweg-
Stange in das Beobachtungszimmer herab, so verursacht es
e groſse Mühe, in einzelnen Fällen, namentlich bei Stür-
, jenen regelmäſsigen Beobachtungen auch einige nächtliche
uzufügen. Ungleich schwieriger ist die Aufgabe, die Stärke
Windes und die dieser zugehörige Geschwindigkeit der
bewegung zu messen, die für diesen Zweck gemachten
chläge beziehn sich meistens nur auf die Messung an sich,
man würde zufrieden seyn, wenn nur diese, ohne Selbst-
trirung, hinlänglich genau zu erhalten wäre. Wir wollen
r die neuerdings hierfür in Vorschlag gebrachten Einrich-
en etwas näher betrachten.

23) Mit Recht müssen wir hierbei Lind's Windmesser an
Spitze stellen, welcher hierauf durch seine Zweckmäſsigkeit
die geraume Zeit, die seit seiner Erfindung verflossen ist,
gerechtesten Ansprüche hat. Höchst wahrscheinlich, bei-
gewiſs, ist Lind nicht der eigentliche Erfinder dieses Ap-
es, sondern Dr. Hales, welcher sich viel damit beschäf-
, die Geschwindigkeit der aus den Düsen der Blasebälge
nenden Luft zu messen [1]. In Gemäſsheit dieser Untersu-
gen giebt er an [2], man könne die Geschwindigkeit der aus-
nenden Luft messen, wenn man vor die Oeffnung der Düse
leichtes Ventil an biegsamen ledernen Streifen aufhinge,
hes dann nicht selten von der verticalen Richtung in eine
als horizontale gebracht werde. „Es giebt aber," fährt er
„noch ein anderes und zwar genaueres Mittel, die Ge-
windigkeit der Luftströmung zu messen, nämlich wenn
n die Oeffnung eines mit Wasser gefüllten Hebers der Luft-
mung entgegenhält, in welchem Falle dann das Wasser
einen Schenkel herabgedrückt, im andern gehoben werden
d, im Verhältniſs der Kraft, womit das Wasser durch den

1 Statical Essays. T. II. p. 326.
2 Description of Ventilators. 1743. p. 12.

Digitized by Google

„Luftstrom geſtoſsen wird.“ Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daſs der von Lind[1] angegebene ſogenannte tragbare Windmesser ganz einfach und unmittelbar auf dieses Princip gegründet sey. Derselbe ist nachher sehr häufig beschrieben worden[2], alle spätere Schriftsteller sind hierbei aber, wie bei der Bestimmung des Verhältnisses zwischen dem Unterschiede des Wasserstandes in den beiden Schenkeln des Instrumentes und der diesem zugehörigen Geschwindigkeit des Windes, der Autorität Hutton's[3] gefolgt, dessen Darstellung ich daher gleichfalls hier zum Grunde lege.

Fig. 221. 24) Der *Lind'sche Windmesser*, nach seiner ursprünglichen, stets unverändert beibehaltenen Gestalt, besteht aus zwei einander parallelen Glasröhren AB und CD, die nicht kürzer als 8 bis 9 Zoll lang, 0,4 Zoll weit und unten durch eine gebogene Glasröhre DB von nur 0,1 Zoll Weite verbunden seyn sollen, um bei heftigen Windstöſsen zu groſse Schwankungen der Wassersäule zu vermeiden[4]. Auf das obere Ende

1 Philosoph. Trans. 1775. T. LXV. p. 353.

2 Barlow in Encyclopaedia metropolitana. Pneumatics. p. 8. Robison Mechanical Philosophy. T. III. p. 707. Wollaston construirte hiernach sein Differentialbarometer. S. Art. *Meteorologie*. Bd. VI. 1836. Fechner Repertorium. Bd. I. S. 125. G. G. Schmidt Handb. Lehrbuch der Naturlehre. Gieſsen 1826. S. 220 u. a. m.

3 Mathematical Dictionary. Art. *Anemometer*. T. I. p. 116.

4 Da ich diesen Apparat zwar gesehn, aber nie anhaltend beobachtet habe, so getraue ich mir nicht, hierüber ein gründliches Urtheil zu fällen. Der Theorie nach ist die Weite der Röhren, die als communicirende zu betrachten sind, willkürlich; da aber die Erfahrung lehrt, daſs die der Geschwindigkeit des Windes zugehörige Kraft seines Stoſses mit der Gröſse der Flächen, die er trifft, wächst, so dürfen sie hiernach nicht zu weit seyn, wodurch auch auſserdem das Instrument zu schwerfällig werden würde. Die angegebene Weite von 0,4 engl. Zoll dürfte daher genügen, doch bin ich überzeugt, daſs man sicher auch 6 bis 10 Par. Linien weite Röhren unbedenklich wählen könnte. Die enge Zwischenröhre hindert allerdings die zu heftigen Oscillationen; da aber der Wind, hauptsächlich bei Stürmen, heftige, sehr kurze Zeit dauernde Stöſse ausübt und es nicht unwichtig ist, gerade die diesen zugehörige Geschwindigkeit der Luftströmung kennen zu lernen, so wirkt hierbei die enge Zwischenröhre offenbar hemmend und hindert das Wasser, die der Geschwindigkeit des Windes zugehörige Höhe im andern Schenkel schnell genug zu erreichen. Hiernach würde ich es angemessen finden, die Röhre bloſs heberförmig umzubiegen,

Digitized by Google

Röhre A ist eine rechtwinkelig gebogene metallene Fas-
ʒ aufgesetzt, deren horizontale Oeffnung den lothrecht auf
stoſsenden Wind auffängt. Die beiden Schenkel sind an
r verticalen eisernen Stange KL mittelst zwei messingner
re e und f so befestigt, daſs der Wind das ganze Instru-
t leicht in diejenige Richtung dreht, vermöge welcher die
nung ihm entgegensteht. Das flache Instrument bildet hier-
ı also selbst die Windfahne; besser ist aber, wenn man
ı ein hierzu dienliches Blech oder nach der oben (§. 2)
hriebenen Einrichtung zwei in einem geeigneten Winkel
mmenstoſsende Bleche anbringt, die dem Windmesser stets
erforderliche Richtung geben. In die Glasröhren wird
ser gegossen, so daſs beide ungefähr zur Hälfte angefüllt
; am geeignetsten wäre es wohl, gerade so viel Was-
ineinzugieſsen, daſs bei völliger Windstille, oder wenn der
d nicht in die Oeffnung blasen kann, was sehr leicht, un-
andern durch Umdrehung des Instrumentes um 90 Grade
cht wird, das Niveau in beiden Schenkeln mit dem Null-
te der Scale zusammenfiele. Man übersieht aber bald,
die Höhe des Wassers, wenn sie nur nicht bedeutend
die Hälfte der Röhrenlänge hinausgeht, von keinem we-
ichen Einflusse seyn kann. Das Instrument kann entweder
weglich befestigt werden, oder es wird mittelst der unten
er Spindel befindlichen Schraube in ein Postement einge-
ubt, und soll nach der Absicht des Erfinders eigentlich
ar seyn. Zwischen den beiden Schenkeln der Röhre be-
t sich eine in Zolle und Linien getheilte Scale, die ihren
punct in der Mitte hat und auf welcher von hier an nach
en Seiten hin auf- und abwärts gezählt wird, wie bei den
erbarometern. Bläst dann der Wind in die Oeffnung F der
ung aus dünnem Messingblech, so drückt er das Wasser
inen Schenkel herab, im andern hinauf, und der Unter-
ed des Niveaus giebt die Höhe einer Wassersäule, deren

---

ll aber eine gleiche Weite um so mehr beizubehalten, als die Be-
ichkeit tropfbarer Flüssigkeiten in Röhren durch Biegungen ohne-
gehemmt wird, und ein Herausschleudern des Wassers aus der
re, wenn diese eine angemessene Höhe von 12 bis 14 Zoll hat,
haus nicht wahrscheinlich ist, im Fall des Eintretens aber gar nicht
ntlich nachtheilig seyn würde.

Digitized by Google

Gewicht der Gewalt oder dem Momente des gegen eine gleich groſse Fläche blasenden Windes gleich ist.

25) Halten wir uns bei diesen Bestimmungen zunächst an das, was Hutton in englischem Maſse angegeben hat[1], so wiegt ein englischer Kubikfuſs Wasser 1000 Unzen oder 62,5 Pfund. Der zwölfte Theil hiervon, welcher somit der Höhe eines englischen Zolles zugehört, beträgt $5\frac{5}{24}$ oder nahe 5,2 Pfund, und die Gewalt, wodurch das Wasser um einen Zoll gehoben wird, gehört daher einem Drucke des Windes von 5,2 Pfund gegen einen Quadratfuſs Fläche zu. Betrüge also der an der Scale abgelesene Unterschied des Niveaus in beiden Schenkeln 3 Zoll, so würde der diesen bewirkende Wind $3 \times 5{,}2 = 15{,}6$ Pfund Druck gegen einen Quadratfuſs ausüben. Die diesem Drucke zugehörige Geschwindigkeit läſst sich auf folgende Weise finden. Aus den (oben in den Art. *Widerstand* und *Wind* erwähnten) Versuchen, welche Hutton in den Jahren 1786, 1787; 1788 in der königl. Militairakademie zu Woolwich anstellte, ging als Resultat hervor, daſs der mit 20 Fuſs Geschwindigkeit wehende Wind gegen einen Quadratfuſs Fläche einen Druck von 12 Unzen oder 0,75 Pfund ausübe, und daſs seine Gewalt den Quadraten der Geschwindigkeiten nahe proportional ist. Nimmt man also die oben gefundene Kraft von 5,6 Pfund als diejenige, welche der Wind ausübt, wenn er das Wasser um 3 Zoll Höhe erhebt, so giebt die Gleichung

---

1 Die Abhandlung von Lind enthält bloſs eine Tabelle über die Stärke des Druckes, welchen der Wind gegen 1 engl. Quadratfuſs Fläche ausübt, wenn das Niveau des Wassers im einen Schenkel eine gegebene Höhe über das im andern erreicht, wonach also für 12 Zoll Höhe das Gewicht eines Kubikfuſses = 62,5 Pfd. gehört, mithin für 1 Zoll $\frac{62{,}5}{12}$ Pfd. u. s. w. Auſserdem giebt Lind eine ausführliche Anweisung, wie man aus der Verkürzung der Wassersäule im hinteren Schenkel der Röhre, wenn diese vorher bis an ihr Ende ganz voll war, die Höhe der gehobenen Säule finden könne. Uebrigens bedarf es dieser Rechnung für den wohl stets anzunehmenden Fall nicht, wenn beide Schenkel gleich weit sind, denn alsdann betrüge diese Höhe die doppelte derjenigen, welche nach Herstellung des gleichen Niveaus in beiden Schenkeln im hinteren fehlt, das [illegible] nunt würde aber hierdurch selbst [illegible] der statt gefundenen Wind[illegible]

$$\sqrt{0,75} : \sqrt{15,6} = 20 : 91,2$$

erte Proportionale von 91,2 Fuſs in einer Secunde oder
gl. Meilen Geschwindigkeit in 1 Stunde, welche einem
chiede von 3 Zoll des Niveaus in beiden Schenkeln zu-
. Da aber diese Unterschiede oder die Wasserhöhen
erhalten wie die Gröſsen des Druckes, und diese wie die
ate der Geschwindigkeiten, so lassen sich beide aus je-
rechnen[1]. Hiernach hat Hutton die folgende Tabelle
net, der ich die Reduction der englischen Meilen auf
uſsmaſs hinzugefügt habe, die engl. Meile zu 4956,6 Par.
ngenommen.

rhöhe ll	Druck gegen 1 Quadratf. Fläche in Pfunden	Geschwindigkeit in einer Stunde in engl. Meilen	in einer Secunde in Par. Fuſs
0,25	1,3	18,0	24,78
0,50	2,6	25,6	35,25
1	5,2	36,0	49,56
2	10,4	50,8	68,84
3	15,6	62,0	85,36
4	20,8	76,0	104,6
5	26,0	80,4	110,7
6	31,25	88,0	121,1
7	36,5	95,2	131,0
8	41,7	101,6	139,8
9	46,9	108,0	148,7
0	52,1	113,6	156,4
1	57,3	119,2	164,1
2	62,5	124,0	170,7

In der Instruction, welche für die neueste antarktische Expedi-
ter John Ross ausgearbeitet worden ist, wird für den Fall, daſs
s und Whewell's später erfundene Windmesser fehlen, die ge-
che Windfahne und Lind's Windmesser empfohlen. S. London and
urgh philos. Magaz. N. XCV. p. 216. Daselbst ist auch die Rede
ngehängten Tabellen, wonach die mit diesem Apparate gemachten
chtungen berechnet werden könnten; da ich sie aber an dem an-
enen Orte nicht finde und sie mir auch auſserdem leider nicht
nt geworden sind, so kann ich kein Urtheil über sie fällen und
er auch nicht mittheilen, obgleich dieses interessant und wichtig
würde. Sie sind enthalten in Repert. of the Committee of Physics
Meteorology of the Royal Society, on the objects of scientific In-
in those Sciences; drawn up for the antarctic Expedition of

Digitized by Google

Nach Hutton fand Dr. Lind in einem gegebenen Falle den Druck des Windes = 34,9 Pfund gegen einen Quadratfuſs, welches nach leichter Interpolation der Tabelle 93 Meilen in einer Stunde giebt.

26) Man hat vielfach versucht, die Geschwindigkeit des Windes und seines Druckes theoretisch zu finden[1]. Da hierbei die zugehörigen Gröſsen wegen der Veränderlichkeit der Dichtigkeiten der Luft und des Waſsers nicht wohl mit absoluter Schärfe bestimmbar sind, so möge hier die folgende einfache Darstellung genügen. Die bewegte Luft wird gleichsam das Waſser in dem einen Schenkel über das Niveau im andern zu der nämlichen Höhe erheben, als welche gegen die ausströmende Luft drückend diese in die zugehörige Geschwindigkeit versetzen würde. Es ist aber nach pneumatischen Gesetzen die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft den Quadratwurzeln aus den Höhen der sie drückenden Waſsersäulen und aus dem Verhältniſs ihrer Dichtigkeit gegen Waſser proportional, welches durch die bekannte Formel

$$v = 2\sqrt{\frac{gh}{\delta}}$$

ausgedrückt wird, wenn v ihre Geschwindigkeit in 1 Secunde mittlerer Sonnenzeit, g den Fallraum in dieser Zeit = 15 Par. Fuſs und $\frac{1}{\delta}$ das Verhältniſs der Dichtigkeit des Waſsers zu der Luft bezeichnet. Nehmen wir[2], ohne Rücksicht auf ungleiche Wärme und Barometerstand, für $\delta = 0{,}001299$, und setzen wir h = 1 Par. Fuſs, so wird

$$v = 2\sqrt{\frac{g}{0{,}001299}} = 214{,}9 \text{ oder nahe } 215.$$

Bei einer Geschwindigkeit von 215 Par. Fuſs in 1 Secunde würde also der Wind eine Waſsersäule von 12 Par. Zoll zu heben vermögen und gegen einen Quadratfuſs Fläche mit einer Kraft von 73 Pfund köln. drücken. Es verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen, woraus

$$v : v' = \sqrt{h} : \sqrt{h'} \text{ und } v' = v\sqrt{\frac{h'}{h}}$$

1 Vergl. Art. *Wind*, *Geschwindigkeit desselben.*

2 S. Art. *Gewicht*, *specifisches.* Bd. IV. S. 1509.

Digitized by Google

t. Setzen wir zu gröſserer Bequemlichkeit für 1 Par. Fuſs · für 12 Zoll Waſserhöhe im Anemometer die Geschwin- :eit des Windes in der gefundenen runden Zahl = 215 ı, so wird die der jedesmaligen Waſserhöhe = h′ in Zollen Par. Fuſses zugehörige Geschwindigkeit v′ des Windes in Fuſsmaſs

$$v' = 215 \sqrt{\frac{h'}{12}}.$$

re demnach beispielsweise h′ oder die Waſserhöhe im Ane- ıeter = 3 Zoll, so ist

Log. 3	=	0,4771213,
Log. 12	=	1,0791812
		1,3979401 — 2
:2	=	0,6989700 — 1
Log. 215	=	2,3324385
Log. v′	=	2,0314085, also v′ = 107,5 Fuſs.

ɔt aber 1 Fuſs = 12 Zoll Waſserhöhe einen Druck von 73 ıd köln. gegen 1 Par. Quadratfuſs, so geben 3 Zoll $\frac{73}{4}$ · 18,25 Pfund. Aus der Gleichung

$$h' = h \frac{v'^2}{v^2}$$

t dann ferner, daſs die Höhen, wozu der Wind die Was- ıulen hebt, oder die Kräfte, welche er ausübt, den Qua- en seiner Geschwindigkeit proportional sind, ein schon von Hire erkannter, aus den Gesetzen der Mechanik folgender . Wird für v der Werth = 215 Fuſs als normal ange- ımen, wonach $v^2 = 46225$ ist, und setzen wir den Druck :n eine Fläche von 1 Par. Quadratfuſs = 73 Pfund, so ist Druckhöhe der Luft, auf Waſser reducirt, oder h′ all- ein

$$h' = v'^2 \frac{73}{46225} = v^2\, 0{,}001579 \ldots$$

:öln. Pfunden. Hiernach ist folgende Tabelle berechnet, die einfache Interpolirung gestattet, wie aus der weiterhin enden ausführlichen Tabelle deutlich hervorgeht.

Digitized by Google

Höhenunterschied des Waſsers im Anemometer	Geſchwindigkeit des Windes in Par. Fuſs	Druck gegen 1 Quadratfuſs Fläche in köln. Pfunden
0,5 Lin.	12,6	0,25 ℔.
1 —	17,8	0,50 —
2 —	25,3	1,01 —
4 —	35,8	2,02 —
6 —	43,8	3,04 —
1 Zoll	62,6	6,08 —
2 —	87,7	12,17 —
3 —	107,5	18,25 —
4 —	124,2	24,34 —
6 —	152,0	36,50 —
8 —	175,5	48,68 —
10 —	196,3	60,83 —
12 —	215,0	73,00 —

Die hier gefundenen, den Waſserhöhen im Anemometer zugehö[rigen] Geſchwindigkeiten des Windes ſind auch dann, wenn man den [Un]terſchied zwiſchen engliſchen und franzöſiſchen Zollen berück[ſich]tigt, ſämmtlich gröſser, als die von Hutton angegebenen; [allein es] iſt bereits oben im Art. *Wind* gezeigt worden, daſs Hutton die Kraft, welche der Wind bei gewiſsen Geſchwindigkeiten aus[]übt, überall etwas zu groſs gefunden hat, und es wird hier[nach] wahrſcheinlich, daſs die letzteren Beſtimmungen wohl die rich[]tigern ſeyn könnten. Allerdings iſt noch keineswegs aus[ge]macht, ob die Kraft des Stoſses der Flüſsigkeiten den Quadra[]ten der Geſchwindigkeiten genau proportional ſey[1], auf jeden Fall aber dürfen wir dieſes als nahe genau richtig betrach[ten] und in dieſem Falle dürften die hiernach gefundenen Beſtim[]mungen als wohl begründet erſcheinen, da ſich gegen die übri[]gen angenommenen Gröſsen keine erheblichen Einwendungen machen laſsen. Abſolute Genauigkeit läſst ſich überall hier nicht erwarten, und Baumgartner[2] ſagt hierüber ſogar, es würde ein eitles Bemühn ſeyn, die Geſchwindigkeit des Win[]des berechnen zu wollen; man müſse ſie daher durch Anemo[]meter meſsen, habe aber bisher durch ſolche Inſtrumente zu keinen allgemein gültigen Geſetzen gelangen können. Deſs[en] ungeachtet giebt der Lind'ſche Windmeſser gewiſs ſehr ...

1 Vergl. Art. *Widerſtand.*

2 Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zuſtande u. ſ. Supplementband. Wien 1830. S. 322.

Digitized by Google

le Resultate, und bei der Einfachheit und Bequemlich-
lesselben wäre es wünschenswerth, die Geschwindigkeit
Windes nach Bouguer's Methode durch leichte fliegende
er empirisch mit möglichster Schärfe zu messen und die
ben dieses Instrumentes mit den erhaltenen Resultaten zu
eichen.

27) Dem Gebrauche des eben beschriebenen Windmessers drei Hindernisse entgegen: die ungleiche Temperatur, das insten und das Gefrieren des Wassers. Um diesen zu nen, hat man die Anwendung anderer Flüssigkeiten in hlag gebracht, namentlich Weingeist und Salzwasser. *geist* würde vortreffliche Dienste leisten, weil er nicht rt und obendrein eine höhere gehobene Flüssigkeitssäule allein seine Ausdehnung durch Wärme ist noch gröſser, e des Wassers, und seine Verdunstung nicht bloſs stärker, rn auch in Beziehung auf das Mischungsverhältniſs sehr ıer, indem je nach dem Feuchtigkeitszustande der Luft Weingeist oder mehr Wasser verdunstet und obendrein roſser Feuchtigkeit Wasser aus der Atmosphäre aufgesogen Dennoch aber möchte ich, da sich ohnehin auf absolute igkeit nicht rechnen läſst, die Anwendung des gewöhn-, mit etwas Alcannawurzel gefärbten einfachen Weingei- Branntweins) empfehlen und in diesem Falle vorschla- den dem Winde nicht entgegengerichteten Schenkel durch Deckel zu verschlieſsen, in dessen Mitte sich eine in die herabgehende etwa 3 bis 12 Lin. lange und 1 Lin. weite Röhre aus dünnem Messingblech befinden müſste, um die nstung zu vermindern und dennoch die Beweglichkeit der gkeitssäule nicht zu stören. Durch diese könnte dann von Zeit zu Zeit mittelst Zugieſsen von Flüssigkeit der Verdunstung erzeugte Verlust wieder ersetzt werden. aber der Weingeist leichter ist als Wasser, so wird eine sem Verhältniſs höhere Weingeistsäule den angegebenen windigkeiten und Druckkräften zugehören, wobei es am msten ist, diese Gröſsen auf einander zu reduciren. Nehmen as specifische Gewicht des gemeinen Spiritus zu 0,95 an[1],

[1] Vergl. Handbuch der theoretischen Chemie von L. Gmelin. 1829. Th. II. S. 291. Die Flüssigkeit würde zwischen 42 bis 45 Alkohol enthalten. Vergl. Art. *Gewicht*. Bd. IV. S. 1567.

Digitized by Google

so giebt die Reduction folgende zusammengehörige Gröſsen, oder die Höhe der gehobenen Weingeistcylinder auf die des Wassers reducirt:

Wasser	Weingeist	Wasser	Weingeist	Wasser	Weingeist
1 Lin.	1,052 Lin.	1 Zoll	1,052 Zoll	6 Zoll	6,315 Zoll
2 —	2,105 —	2 —	2,105 —	8 —	8,421 —
4 —	4,210 —	3 —	3,157 —	10 —	10,538 —
6 —	6,315 —	4 —	4,210 —	12 —	12,631 —

28) Man hat als anzuwendende Flüssigkeit auch *Salzwasser* vorgeschlagen, allein der Anwendung desselben steht die auch durch das angegebene Mittel nicht ganz zu beseitigende Verdunstung entgegen. Hierdurch würde die Soole einen stets höheren Grad der Concentration erhalten und die Messung wegen stets wachsender Concentration unsicher werden. Diesem lieſse sich allerdings begegnen, wenn man den verdunsteten Antheil stets durch zugegossenes reines Wasser ersetzte, allein nicht gesättigte Soole würde keinen hohen Kältegraden widerstehn, bei gesättigter könnte aber leicht, namentlich durch den directen Einfluſs der auffallenden Sonnenstrahlen, eine Ausscheidung des Salzes aus der bei den steten Schwankungen an den innern Wandungen anhängenden Flüssigkeit erfolgen. Ob und wie weit dieses der Erfahrung nach wirklich statt findet, ist mir unbekannt; wollte man aber für die Winterbeobachtungen diese leicht zur Hand seyende Flüssigkeit wählen, so müſste es auf jeden Fall eine gesättigte Soole seyn, und wenn wir dann das specifische Gewicht derselben in runder Zahl = 1,2 annehmen[1], so würde die Reduction der zugehörigen Flüssigkeitssäulen auf Wasser folgende Werthe geben:

1 S. Art. *Gewicht, specifisches.* Bd. IV. S. 1474. Die Soole würde dann ungefähr 26,5 Proc. Salz enthalten, also für gesättigt gelten können. Absolut scharfe Bestimmungen sind wegen der nicht völligen Reinheit der Soolen, auch wenn man sie durch das Auflösen des gewöhnlichen Kochsalzes in reinem Wasser herstellt, unmöglich.

..sser	Soole	Wasser	Soole	Wasser	Soole
Lin.	0,834 Lin.	1 Zoll	0,834 Zoll	6 Zoll	5,000 Zoll
—	1,667 —	2 —	1,667 —	8 —	6,667 —
—	3,334 —	3 —	2,500 —	10 —	8,334 —
—	5,000 —	4 —	3,334 —	12 —	10,000 —

29) Die angemessenste Flüssigkeit dürſte *verdünnte Schwe-*
'ure seyn, wenn man gerade eine solche wählte, die bei
n mittleren Feuchtigkeitszustande auf jeden Fall nur wenig
ser verdunstet, bei einem hohen aber keines annimmt, so
ihr specifisches Gewicht hierdurch nicht geringer, und
ı Nachfüllen von reinem Wasser bis zur Herstellung der
ünglich vorhandenen Menge auch bei anhaltender Trockenheit
gröſser werden würde. Indem aber nach Gay-Lussac [1] das
olöl funfzehnmal sein Gewicht an Wasser als Maximum in
feuchter Luft annimmt und dann in genähertem Werthe
pecifisches Gewicht = 1,05 hat, so dürſte es am geeig-
en seyn, gerade diese Mischung zu wählen und also ver-
te Schwefelsäure von 1,05 spec. Gewicht anzuwenden, die
auſserdem durch etwas Carmin schön roth oder durch ei-
andern geeigneten Stoff beliebig färben läſst. Die Re-
on der Scale auf die des Wassers giebt dann folgende
he:

Vasser	Schwefel-säure	Wasser	Schwefel-säure	Wasser	Schwefel-säure
1 Lin.	0,952 Lin.	1 Zoll	0,952 Zoll	6 Zoll	5,714 Zoll
2 —	1,904 —	2 —	1,904 —	8 —	7,620 —
4 —	3,810 —	3 —	2,857 —	10 —	9,524 —
6 —	5,714 —	4 —	3,810 —	12 —	11,428 —

30) Die Wärme dehnt alle die genannten Flüssigkeiten
die bei höherer Temperatur gehobenen Säulen werden
verhältniſsmäſsig leichter seyn und demnach einer ge-
en Geschwindigkeit des Windes zugehören. Die Gröſse
usdehnung wird derjenigen des Wassers nahe gleich seyn,
la wir diese letztere sehr genau kennen, so lieſse sich
forderliche Reduction leicht erhalten, wenn man die bei

[1] Handbuch der theoretischen Chemie von L. Gmelin. Frkf. 1827. S. 309.

verschiedenen Temperaturen gemessenen Höhen der Säulen durch den Ausdehnungscoefficienten der Flüssigkeit dividirte. Wenn man aber berücksichtigt, daſs bei einer Wärme von 30° C. eine für 4° C. sogar 10 Zoll hohe Wassersäule in Folge der Ausdehnung nur 10,042 Zoll betragen würde [1], so ersieht man hieraus, daſs der Unterschied unbedeutend ist, und innerhalb der Grenzen der Genauigkeit liegt, die sich von diesem Apparate nach den bis jetzt möglichen Bestimmungen erwarten lassen. Die Kleinheit dieses Unterschiedes liegt aber hauptsächlich in dem Umstande, daſs das Wasser bei 4° C. den Punct seiner gröſsten Dichtigkeit hat und daher erst bei 9° C. über die bei 0° C. angenommene Einheit des Volumens hinausgeht. Inzwischen ist das Wasser auf jeden Fall eine für diesen Zweck nicht geeignete Flüssigkeit, da es keine Winterbeobachtungen gestattet. Das ganze Instrument ist ferner auch in der Hinsicht beschränkt, weil es nicht, wie die Windfahnen, auf den höchsten Puncten der Häuser angebracht und demnach, namentlich in den Städten, nur unter vielen Beschränkungen der freien Luftströmung ausgesetzt, auſserdem aber nicht wohl selbst registrirend gemacht werden kann. Wählt man aber statt des Wassers die verdünnte Schwefelsäure, und findet sich auf hoch liegenden Observatorien oder Terrassen eine seiner Aufstellung günstige Localität, so gehört es unter die geeignetsten Apparate zur Aufhellung der meteorologischen Erscheinungen, und da sich jetzt hoffen läſst, daſs die Meteorologie zahlreiche Beförderer finden werde, so ist es wohl der Mühe werth, diesen auf einer immerhin sehr sicheren Basis gegründete Anemometer seiner Vollendung möglichst nahe zu bringen, und daher die Beobachtung desselben so leicht und sicher zu machen, als es der Natur der Sache nach geschehn kann. Ein bedeutendes Mittel zu diesem Zwecke ist ohne Widerrede die angegebene Wahl der verdünnten Schwefelsäure, welche bei vorsichtigem Einfüllen die mit einem engen Röhrchen versehene Fassung des hinteren Schenkels nicht angreifen wird, da auſserdem das Röhrchen auch ohne Schwierigkeit von Glas gemacht werden könnte. Für diese Flüssigkeit ändert sich aber die oben gegebene Scale, und es lohnt sich wohl der Mühe, für diese übrigens unverkennbar sehr geeignete eine vollständige Scale zu

1 Vergl. Art. *Wärme*. Bd. X. S. 914.

ichterung der Beobachtungen zu berechnen. Am einfach- gelangt man hierzu, wenn man annimmt, daſs die Ge- rindigkeiten des Windes sich wie die Quadratwurzeln der ifischen Gewichte der gehobenen Flüssigkeitssäulen, die ungen der letzteren aber gegen eine gegebene Fläche wie pecifischen Gewichte verhalten. Nehmen wir das specifi- Gewicht der verdünnten Schwefelsäure = 1,05 an, was o sicherer geschehn kann, da eben eine solche Säure bei Verfertigung des Instrumentes genommen werden soll, so die oben gefundene Geschwindigkeit des Windes, welche ar. Zoll oder 1 Par. Fuſs Wasser zu heben vermag, für Flüssigkeit = 220 Fuſs, und die oben (§. 26) gegebene el verwandelt sich in:

$$v' = 220 \sqrt{\frac{h'}{12}},$$

h' in Fuſsmaſs genommen wird, der Druck gegen einen ratfuſs Fläche aber wird statt 73 Pfund vielmehr 76,55 l, wonach die folgende Tafel berechnet ist, die für die henliegenden Gröſsen eine einfache Interpolation zuläſst.

e der sig- säule	Geschwindigkeit d. Windes	Druck gegen 1 Quadratfuſs	Höhe der Flüssigkeitssäule	Geschwindigkeit d. Windes	Druck gegen 1 Quadratfuſs
ı.	18,35 Fuſs	0,53 ℔.	1 Zoll 7 Lin.	80,00 Fuſs	10,10 ℔.
.	25,95 —	1,06 —	1 — 8 —	82,07 —	10,63 —
.	31,78 —	1,59 —	1 — 9 —	84,10 —	11,16 —
.	37,56 —	2,13 —	1 — 10 —	86,11 —	11,69 —
.	41,04 —	2,66 —	1 — 11 —	88,01 —	12,23 —
.	44,95 —	3,19 —	2 Zoll 0 Lin.	89,90 —	12,76 —
.	48,55 —	3,72 —	2 — 1 —	91,75 —	13,29 —
.	52,51 —	4,25 —	2 — 2 —	93,57 —	13,82 —
	55,05 —	4,78 —	2 — 3 —	95,36 —	14,35 —
	58,17 —	5,32 —	2 — 4 —	97,11 —	14,88 —
	60,86 —	5,85 —	2 — 5 —	98,83 —	15,42 —
0 Lin.	63,57 —	6,38 —	2 — 6 —	100,5 —	15,95 —
1 —	66,17 —	6,91 —	2 — 7 —	102,1 —	16,48 —
2 —	68,66 —	7,44 —	2 — 8 —	103,8 —	17,10 —
3 —	71,07 —	7,97 —	2 — 9 —	105,4 —	17,54 —
4 —	73,40 —	8,50 —	2 — 10 —	107,0 —	18,07 —
5 —	75,66 —	9,04 —	2 — 11 —	108,5 —	18,60 —
6 —	77,86 —	9,57 —	3 Zoll 0 Lin.	110,1 —	19,14 —

Digitized by Google

Höhe der Flüssigkeitssäule	Geschwindigkeit d. Windes	Druck gegen 1 Quadratfuſs	Höhe der Flüssigkeitssäule	Geschwindigkeit d. Windes	Druck gegen 1 Quadratfuſs
3 Zoll 2 Lin.	113,1 F.	20,20 ℔.	6 Zoll 4 Lin.	160,0 F.	40,40
3 — 4 —	115,9 —	21,26 —	6 — 8 —	164,1 —	42,53
3 — 6 —	118,9 —	22,33 —	7 Zoll 0 Lin.	168,2 —	44,65
3 — 8 —	121,7 —	23,39 —	7 — 4 —	172,1 —	46,78
3 — 10 —	124,4 —	24,45 —	7 — 8 —	176,0 —	48,90
4 Zoll 0 Lin.	127,1 —	25,52 —	8 Zoll 0 Lin.	179,8 —	51,03
4 — 2 —	129,8 —	26,58 —	8 — 4 —	183,5 —	53,16
4 — 4 —	132,3 —	27,64 —	8 — 8 —	187,2 —	55,29
4 — 6 —	134,8 —	28,71 —	9 Zoll 0 Lin.	190,7 —	57,41
4 — 8 —	137,3 —	29,77 —	9 — 4 —	194,2 —	59,54
4 — 10 —	139,7 —	30,83 —	9 — 8 —	197,6 —	61,66
5 Zoll 0 Lin.	142,1 —	31,89 —	10 Zoll 0 Lin.	201,0 —	63,7[illegible]
5 — 2 —	144,5 —	32,96 —	10 — 4 —	204,3 —	65,9[illegible]
5 — 4 —	146,8 —	34,02 —	10 — 8 —	207,6 —	68,0[illegible]
5 — 6 —	149,1 —	35,08 —	11 Zoll 0 Lin.	210,8 —	70,1[illegible]
5 — 8 —	151,3 —	36,15 —	11 — 4 —	214,0 —	7[illegible]
5 — 10 —	153,5 —	37,21 —	11 — 8 —	217,1 —	7[illegible]
6 Zoll 0 Lin.	155,7 —	38,27 —			

31) Soll hierbei auch die Ausdehnung der verd Schwefelsäure durch Wärme berücksichtigt werden, s sich hierüber Folgendes mindestens annähernd bestimmen. der Formel liegt die Annahme zum Grunde, daſs das W seine gröſste Dichtigkeit, die verdünnte Schwefelsäure ab Temperatur von 0° C. habe. Die durch den Windstoſs bene Flüssigkeitssäule muſs daher bei höherer Temperat so viel vermindert, bei niedrigerer um so viel vermehrt w als ihre Ausdehnung oder Zusammenziehung durch Wär trägt, wenn man die ihr zugehörige Geschwindigkeit des des und dessen Druck gegen einen Quadratfuſs Fläche Tabelle aufsuchen will. Die Ausdehnung der hier angenom verdünnten Schwefelsäure ist nicht durch genaue Mes ermittelt worden, es läſst sich aber mit Gewiſsheit ann daſs sie geringer, als die des Wassers sey, da letzteres Zusatz von Salzen und Säuren an Ausdehnbarkeit verliert[1] genommen sie komme der des Seewassers von 1,027 s schem Gewichte gleich, was gewiſs nicht zu viel ist,

1 Vergl. Art. *Wärme*. §. 487. S. 918.

Digitized by Google

ifische Gewicht der verdünnten Säure 1,05 seyn soll, so äge ihr Volumen bei 24° C. nicht mehr als 1,004982, und Säule von 12 Zoll Höhe würde nur 12,048984 Zoll, in nicht ganz eine halbe Decimallinie, wir können annen eine halbe Duodecimallinie betragen. Da aber die gsten Stürme schwerlich eine solche Stärke erreichen, daſs lie Flüssigkeit bis zu 12 Zoll Höhe zu erheben vermögen en, ihre Wärme aber, mit Ausnahme der Sandstürme und Föhns, schwerlich bis 24° C. steigen dürfte, in diesem aber auſserdem die Ausdehnung des Glases vermindernd irken würde, so ergiebt sich klar, daſs eine hieraus entnene Correction bei diesem ohnehin nicht absolut genauen rate füglich entbehrt werden kann.

32) Der so eben ausführlich beschriebene Windmesser verauch aus dem Grunde besondere Aufmerksamkeit, weil Fläche, auf welche der Luftstrom drückt, nur klein ist, in diejenige Unsicherheit umgangen wird, die aus der se der Flächen entspringt[1]. Inzwischen hat man meistens Scheiben von ungefähr einem Quadratfuſs Inhalt zur ung der Windstärke anzuwenden versucht, wie genügend len noch weiter zu beschreibenden Apparaten hervorgeht; ıoт[2] weicht aber hiervon ab, und bringt eine hohle Kugel orschlag, die an einer Stange beweglich aufgehangen durch Windstoſs gehoben werden, und deren Elevationswinkel, nem Quadranten mit Kreistheilung gemessen, die Stärke die dieser zugehörige Geschwindigkeit des Windes angeoll. Dieses beruht auf dem Umstande, daſs die Richtung Windes so ausnehmend wechselt und namentlich bei Stürkaum einen Augenblick unverändert bleibt, weswegen es glich wird, die gestoſsene Fläche andauernd ihr genau lothentgegenzuhalten. Dieses Hinderniſs fällt aber bei der l nicht weg, indem die Richtung des Windes diese genau r Ebene des messenden Quadranten treffen muſs, weil wie eine ebene Fläche, auch bei dem heftigsten Sturhen müſste, wenn der Wind normal auf jene Ebene get wäre. Dazu kommt dann noch der Umstand, daſs die lt, welche der Luftstoſs gegen die Halbkugelfläche aus-

1 Vergl. Artt. *Widerstand* und *Wind*.
2 Voigt's Magazin. Th. I. St. 2. S. 153.

übt, in sehr genähertem Werthe nur die Hälfte derjeni
beträgt, welche die Durchschnittsfläche durch ihr Centrum e
leidet, wodurch also ein solcher Apparat auf die Hälfte
erreichbaren Genauigkeit herabsinkt. Die von Parrot ange
benen Mittel, wodurch man für eine Kugel von gegebe
Oberfläche und gegebenem Gewichte die den Graden ihrer E
vation zugehörigen Geschwindigkeiten des Windes finden
sind sehr zusammengesetzt, und da man sie deswegen schw
lich in Anwendung bringen dürfte, so überhebe ich mich e
Beschreibung derselben.

33) Beaufoy[1], welcher sich durch die zahlreichsten V
suche und ein lange anhaltendes Studium mit den Ges
des Stoſses und Widerstandes der Flüssigkeiten vorzüglich
traut gemacht hatte, kehrte wieder zu der von Bouguer
gegebenen Einrichtung zurück, was sehr zu deren Gunsten
scheidet; zugleich aber gab er diesem Instrumente wol
vollendetste Gestalt, deren dasselbe fähig ist und die sich
Hülfe einer ungefähren Zeichnung der Haupttheile sehr
begreifen läſst[2]. Eine dünne hölzerne Tafel AA ist an
Fig. 222. vierkantigen horizontalen Stange BB befestigt, und wird
die an der verticalen runden Stange X oben angebrachte
Windfahne dem herrschenden Winde stets perpendiculär
gegen gerichtet. Die Stange BB ist hinlänglich lang, u
ihrem vorderem Theile auf der unteren Frictionsrolle n
dem Windbrete vollkommen das Gleichgewicht zu halten
bewegt sich nämlich an zwei Stellen zwischen Frictions
deren 4 in dem Kasten D, wovon eine bei c sichtbar is
anderen 4 in dem Gehäuse Z befindlich sind. Bei der
und der vollendeten Ausführung derselben darf man anne
daſs die Reibung der Stange dadurch auf ein unbedeu
Minimum herabgebracht wird. An der Stange ist eine
befestigt, wie diejenigen, welche sich in den Taschenuhr
finden, deren Fortſetzung um einen Cylinder gewund
welcher zugleich mit einer Schnecke, wie die der Uhren

1 Annals of Philosophy. New Ser. T. II. p. 431. Tabel
Berechnung der Stärke des Windes giebt derselbe ebend. Th
10. Sie beziehn sich aber nur auf die Dimensionen des von i
brauchten Anemometers.

2 Die schöne, er Beschreibung beigefügte Kupfertafel gi
einzelne Theile sehr deutlich.

Digitized by Google

a ist und dessen durch das Zifferblatt g g hervorstehendes le einen Zeiger trägt. Eine um die Schnecke gewundene e seidene Schnur trägt an ihrem anderen Ende das herab-gende Gewicht P, welches um so stärker auf die gemein-ſtliche Axe des Cylinders und der Schnecke wirkt, woran ı der Zeiger befestigt ist, je weiter die Windungen der necke sind und je länger also der Hebelarm ist, den es umzu-ın das Bestreben hat. Je tiefer daher die Stange B B durch Stoſs des Windes gegen die Platte A A hineingedrückt wird, o mehr zieht die Kette an dem umwundenen Cylinder und ıt diesen, zugleich aber die Schnecke, um ihre gemein-ſtliche Axe, die Schnur windet sich um zunehmend wei-Spiralen der Schnecke und strebt dem wachsenden Drucke Windes entgegen, wodurch sich die Kraft desselben mes-läſst. Jede einzelne Umdrehung der Schnecke wird durch Zeiger des Zifferblattes g g in Hundertsteln angegeben, hin-dem Zifferblatte hat aber die Axe dieses Zeigers noch ein iebe, welches in ein gezahntes Rad eingreift, auf dessen der Zeiger des kleinen Zifferblattes h h festsitzt, um auf e Weise die einzelnen Umdrehungen des ersten Zeigers zu ıen. Wenn demnach die Zeiger, die wie gewöhnlich auf-eckt sind, auf 0 gestellt werden, der Faden des Gewichtes er durch die Axe des Cylinders und der Schnecke herab-gt, mithin auf deren Umdrehung keine Gewalt ausübt, und Stange B B so weit vorgeschoben wird, daſs die an ihr stigte Kette nicht gestrafft ist, so befindet sich der Appa-n Ruhe. Sobald dann aber der Wind die Scheibe A A ckdrückt, strebt die Kette ihren Cylinder und die Schnecke udrehn, der sich um die Schnecke windende Faden mit Gewichte P strebt diesem entgegen, bis das Gleichgewicht estellt ist, und die Zeiger messen die diesem zugehörige alt. Um das Maximum der letzteren zu wissen, ist ein rkegel angebracht, welcher in den gezahnten äuſsersten l der Schnecke eingreift und diese in der erreichten Lage tellt. Wie dieser Windmesser auf einem hinlänglich fe-Gestelle leicht in horizontaler Ebene drehbar befestigt len könne, um entweder nach der Absicht des Erfinders ar oder feststehend zu seyn, ist in der Zeichnung bloſs deutet und kann von jedem mit mechanischen Kenntnissen rauten leicht supplirt werden.

Digitized by Google

34) Wollte man die dem jedesmaligen Stande der Zeiger zugehörigen Geschwindigkeiten des Windes bestimmen, so könnten diese aus der Gröſse der dem Windstoſse entgegenstehenden Fläche, dem Gewichte P und der Länge der Radien, sowohl des Cylinders, um welchen die Kette gewunden ist, als auch der Schnecke, durch Rechnung gefunden werden, da die Stärke des Druckes bekannt ist, welchen der Wind gegen eine gegebene Fläche bei verschiedenen Geschwindigkeiten ausübt; leichter und sicherer dürfte es aber seyn, das bereits von Bouguer angegebene Verfahren in Anwendung zu bringen, also das Anemometer vertical zu stellen, mit verschiedenen Gewichten, unter Berücksichtigung des Gewichtes der Stange und der Scheibe, zu belasten und die zugehörigen Stände der Zeiger hiernach zu bezeichnen. Auf diese Weise würde es leicht seyn, Tabellen zu erhalten, wonach sich fortdauernd die dem jedesmaligen Stande der Zeiger zugehörigen Geschwindigkeiten der Winde bestimmen lieſsen.

35) Es mögen hier noch einige Vorschläge zu Windmessern bloſs erwähnt werden, bei denen es einer ins Einzelne gehenden Beschreibung nicht bedarf. Martin[1] hat einen solchen angegeben, wodurch gleichfalls die Geschwindigkeit des Windes aus der Stärke seines Druckes gegen eine gegebene Fläche gefunden wird. Nach Hugh Hamel[2] zu Dublin soll man die Stärke des Windes mittelst eines Balkens (*bar*) messen, welcher durch denselben aus seiner verticalen Richtung getrieben wird. Die Beschreibung ist nicht hinlänglich deutlich, und dieses um so weniger, da keine Zeichnung zu ihrer Erläuterung hinzugefügt ist. Sehr sinnreich construirt ist das Anemometer, welches Huber[3] vorgeschlagen und genau beschrieben hat; jedoch ist das Ganze zu complicirt und der erforderliche Schutz gegen die nachtheiligen Einflüsse der Witterung nicht genügend berücksichtigt.

36) Die zuletzt beschriebenen Windmesser sind Verbesserungen, zum Theil bloſse Abänderungen, des zuerst durch

---

1 In Philos. Brit. T. II. p. 211. Vergl. Rees Cyclopaedia. Art. *Wing-Gage.*

2 Philosophical Magazine and Annals. T. XI. N. 62. p. 100.

3 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Génève. 1821. T. I. p. 103.

ʒguer angegebenen, die noch ältere Erſindung (§. 5) blieb den neuesten Zeiten faſt unbeachtet, mit Ausnahme des von mel ausgegangenen Vorschlags. Inzwiſchen wurde auch ier neuerdings eine Bearbeitung zu Theil, welche in hohem de die Aufmerkſamkeit der Meteorologen verdient. G. G. imidt[1] macht den nach Wolf's Angabe construirten Windſern den Vorwurf, daſs ſie nur die mittlere Geſchwindigkeit Windes während einer gegebenen Zeit, nicht aber die ab- l zunehmende Stärke der einzelnen Windſtöſse angeben, und nach Bouguer's Vorschlage eingerichteten ſtellt er entge-, daſs ſie bloſs das Maximum der Stärke, nicht aber die wankungen derselben zeigen. Der letztere Vorwurf fällt eſs weg, wenn man die Abſperrung wegläſst, in welchem le namentlich nach Regnier's und Beaufoy's Einrichtungen Zeiger in ſteter Bewegung seyn und die in jedem Augenke ſtatt findende Stärke des Windſtoſses anzeigen würden, Abſperrung aber für die temporäre Abweſenheit des Beobters vorbehalten bliebe.

Der von Schmidt vorgeschlagene Windmeſſer beſteht aus Fig. 223 u. 224.
ɪr quadratiſchen Scheibe AB von ſtarkem Holze und hinɡlichem Gewichte, um dem Stoſse des Windes zu widerın. Auf dieſem iſt der metallene Rahmen CCCC lothrecht ɡerichtet, in welchem ſich ein zweiter Rahmen von dünnen tallſtäben eeee mit ſeiner Axe ggff leicht dreht, an deren rem Ende die Windfahne befeſtigt iſt, die die Fläche die- Rahmens der Richtung des Windes ſtets lothrecht entgeſtellt. Am untern Ende der Axe iſt ein Zeiger befeſtigt, lcher ſich über der um ihre Axe drehbaren Windroſe hh vegt, um den Apparat ſtets ſo zu richten, daſs der Wind en die Fläche des Rahmens CCCC bläſt, ohne durch die ticalen Stäbe gehindert zu werden. Die Windroſe wird ın mittelſt einer Magnetnadel orientirt. Quer durch den beglichen Rahmen eeee geht eine feine ſtählerne Axe qr, welcher das bewegliche Pendel dbaa feſtſitzt. Der untere eil dieſer Pendelſtange ba iſt keilförmig zugeſchärft, der ːre Theil bd dagegen iſt etwas breiter, ſo daſs der Stoſs Windes gegen beide ſehr nahe gleich und der Ein-

1 Poggendorff's Ann. XIV. 59.

fluſs dieser Stange daher beseitigt wird[1]. Die Scheibe m aus dünnem Messingblech ist dazu bestimmt, die Stärke des Windstoſses zu messen; ihr Durchmesser betrug 0,15 Meter, die Länge der Pendelstange bm 0,3 Meter. Der Winkel, bis zu welchem der Wind die Scheibe m hob, wurde mittelst des Armes bd an einem Gradbogen cc gemessen, welcher am oberen Theile f des Rahmens eeee, auf dessen Fläche lothrecht, befestigt war. Auf dem Gradbogen befand sich zugleich ein leicht beweglicher, sogenannter *fliegender Index* i, welcher durch die Spitze des Hebelarmes fortgeschoben in der größten erreichten Entfernung stehn blieb; doch muſs man sich dieses Mittels nur bedienen, um plötzliche und heftige Windstöße zu messen, da die gewöhnlichen geringeren Oscillationen leichter und besser am Kreisbogen unmittelbar abgelesen werden. Am unteren Theile der Pendelstange befindet sich ein verschiebbares Bleigewicht p, 2 Loth schwer, von der Gestalt einer flachen Linse, welches dazu dient, den veränderlichen Schwerpunct des Pendels zu reguliren und dadurch das Pendel für schwächere und stärkere Winde mehr und minder empfindlich zu machen. Das Gewicht hat meistens die Lage, daſs der gemeinschaftliche Schwerpunct zwischen b und m liegt, und somit das Gesammtgewicht des Pendels = 5,104 Loth beträgt, auf den Mittelpunct der Stoſsfläche reducirt mit 2,552 Loth in Rechnung kommt.

37) Für die Theorie dieses Windmessers giebt G. G. Schmidt Folgendes an. Setzt man das auf den Mittelpunct der Stoſsfläche m reducirte Gewicht des Pendels = p, den senkrechten Stoſs des Windes gegen die Scheibe aa = s, den Neigungswinkel des Pendels, bei welchem es mit dem Windstoſse ins Gleichgewicht kommt, = φ, und wird angenommen, daſs der schiefe Stoſs gegen die Fläche dem Quadrate des Cosinus dieses Winkels proportional sey, wie dieses aus der Zerlegung der Kräfte hervorgeht, so erhält man

$$p\,\mathrm{Sin.}\,\varphi = s\,\mathrm{Cos.}^2\varphi \text{ also } s = \frac{p\,\mathrm{Sin.}\,\varphi}{\mathrm{Cos.}^2\varphi},$$

woraus folgt, daſs s unendlich groſs für $\varphi = 90^\circ$ seyn würde,

---

1 Es liegt sehr nahe, daſs dieser Einfluſs vorher, ehe man die Scheibe m anbringt, empirisch corrigirt werden könne.

: Betrachtung bewog Schmidt, dem Windstoſse eine : Fläche und keine Kugel entgegen zu richten, für welche, ets gleicher Stoſsfläche, die Gleichung einfach s = p Tang. φ würde; denn in diesem Falle könnte eine einzige Kugel ie ungleich starken Winde nicht genügen, da den angeen Beobachtungen gemäſs das Pendel, sobald es über 60° ation hinausging, nur einer geringen Zunahme der Geindigkeit des Windes bedurfte, um 90° nicht bloſs zu eren, sondern auch darüber hinauszugehn[1].

38) Schmidt gesteht, daſs ihm keine sonstigen so vollìgen Versuche über den schiefen Stoſs und Widerstand der bekannt seyen, als die, welche Bossut im zweiten Theile r Hydrodynamik über den Widerstand des Wassers beim

---

Es wird nicht überflüssig seyn, gröſserer Deutlichkeit wegen :i Folgendes zu bemerken. Daſs s für $\varphi = 90°$ unendlich wird, wohl nicht für die Wahl einer ebenen Fläche statt einer Kugel eiden, denn auch bei letzterer wird s = p Tang. φ für $\varphi = 90°$ llich. Allein eine flache Scheibe ist aus andern Gründen einer l vorzuziehn; denn aus den im Art. *Widerstand* mitgetheilten Unhungen geht zwar hervor, daſs der Widerstand einer Kugel die : desjenigen beträgt, welchen eine Fläche von der Gröſse ihres ten Kreises ausübt, indeſs ist diese Bestimmung doch immerhin àbsolut sicher, und es würde dadurch in die Berechnung ein , nicht vollkommen fest begründetes Element ohne genügende Ureingeführt.

Vichtiger noch ist die Frage, wie es zugehe, daſs die Erfahrung einen unendlichen Werth gebe, welcher doch unmöglich ist. Hieriſst sich erwidern, daſs die gleichmäſsig strömende Luft auch bei möglicher Geschwindigkeit niemals einen Elevationswinkel von rzeugen wird, aber ein plötzlicher Stoſs gegen das ruhende oder rholte Stöſse gegen das bereits etwas gehobene Pendel vermögen lbe leicht bis 90° oder darüber hinaus zu treiben, ja es wäre nicht glich, selbst nicht einmal sehr schwierig, dasselbe in einem ganKreise herumzuschleudern. Hierbei wirkt aber nicht eine annde mechanische Gewalt auf das Pendel, sondern der plötzliche ertheilt ihm eine Geschwindigkeit, vermöge welcher es weit über uge Höhe hinausfliegt, ja selbst bei augenblicklich aufhörendem e hinausfliegen würde, die es den wirkenden mechanischen Kräfjemäſs erreichen kann. Diesemnach dürfte es noch zweifelhaft ob die Folgerung, welche Schmidt hieraus entnimmt, daſs der e Stoſs der Luft in einem geringeren Verhältnisse, als dem quachen des Sinus des Einfallswinkels abnehme, für richtig gelten :.

Digitized by Google

ſchiefen Stoſse gegeben hat, und er legt daher die dort angeführten Erfahrungswerthe bei der Berechnung von

$$s = \frac{p \operatorname{Sin.} \varphi}{\operatorname{Cos.}^2 \varphi}$$

zum Grunde, die nur von 6° zu 6° gegeben sind, wobei aber die zwischenliegenden Grade durch Interpolation leicht gefunden werden. Hierzu glaubt er sich um so mehr berechtigt, da aus seinen eigenen Versuchen[1] hervorgeht, daſs die Bewegungsgesetze elastischer Flüssigkeiten, insofern sie von Druck und Schwere abhängen, denen der tropfbaren ganz analog sind. Hiernach läſst sich also der einem gewissen Neigungswinkel zugehörige Stoſs des Windes leicht auf den geraden reduciren, wie dieses in der nachfolgenden Tabelle geschehen ist. Um aus dem senkrechten Stoſse die zugehörige Geschwindigkeit des Windes zu finden, geht Schmidt von folgenden Gleichungen aus:

$$h = \frac{v^2}{4g} \text{ und } s = m \,.\, h a^2 p,$$

worin v die Geschwindigkeit, h die zugehörige Druckhöhe, a^2 die Stoſsfläche, p das specifische Gewicht der Luft, g den Fallraum für 1 Secunde, m aber einen durch Erfahrung zu bestimmenden Coefficienten bezeichnen. Weil aber die verschiedenen Erfahrungen den Werth von m zwischen 1,5 bis 2 veränderlich angeben, so schien es ihm am besten, die Bestimmung desselben aus Versuchen mit dem Anemometer selbst zu entnehmen. Es wurde daher, weil bloſs kleine Geschwindigkeiten gemessen werden konnten, ein Pendel von gleichen Dimensionen, aber geringerem Gewichte eingesetzt, indem letzteres, auf den Mittelpunct des Stoſses reducirt, nur 0,5[illegible] Loth betrug. Ein Gehülfe trug dann mit ungleicher Geschwindigkeit durch einen abgemessenen Raum von 12,7 Meter fortschreitend das Anemometer vor sich her und beobachtete den Ausschlagswinkel, während ein anderer die hierzu gehörige Zeit maſs. Nach dem beobachteten Ausschlagswinkel konnte auf die angegebene Weise die Gröſse s berechnet werden, aus der gemessenen Geschwindigkeit wurde $h = \frac{v^2}{4g}$ und hieraus

1 G. LXVI. 39. Vergl. Art. *Pneumatik.* Bd. VII. S. 623.

: ga^2p gefunden. Die auf diese Weise erhaltenen Werthe
n stets kleiner aus, als die auf die erste Art berechneten,
m das Verhältniſs zwischen 1,7 und 2,2 variirte, ja es
en, als ob der Exponent des Verhältnisses mit zunehmen-
Geschwindigkeit wachse; doch lieſs sich hierauf wenig
rth legen, weil die Geschwindigkeiten nicht über 6 Fuſs in
Secunde gebracht werden konnten[1]. Inzwischen scheint
loch, als lieſse sich der Coefficient $m = 2$ mit ziemlicher
ıerheit annehmen. Um aus der beobachteten Stärke des
ıdstoſses dann auf die Geschwindigkeit desselben zu schlie-
, wird die Formel $v = \sqrt{\frac{2gs}{a^2p}}$ angewandt und für s wer-
die bereits angegebenen Werthe zum Grunde gelegt. End-
bezeichnet p das specifische Gewicht der Luft bei 28 Zoll
ometerhöhe und 15° R. (18°,75 C.) Temperatur[2]. Dieses
igt, um zu verstehn, auf welche Weise die in der nachfol-
len Tabelle enthaltenen Werthe gefunden sind.

---

1 Schmidt war ein zu guter Physiker, als daſs ihm die Mangel-
gkeit dieser Versuche entgehn konnte, weswegen er auch neue
uere anzustellen beabsichtigte. Dennoch aber dürfte er die hier
benen noch überschätzt haben, denn die Fehlergrenze ist so groſs,
sie genau genommen gar keinen Werth haben. Es ist ganz un-
ich, daſs der Experimentator bei so raschem Fortschreiten das
bret stets genau horizontal halten sollte; auſserdem aber sind
vankungen desselben, welche dann auch Pendelschwingungen ohne
ı Einfluſs des Windes erzeugen müssen, ganz unvermeidlich. Ein-
r und sicherer wäre es gewesen, Seifenblasen, Flaumfedern oder
e Luftballons durch den Wind über gemessene Abstände fortbe-
n zu lassen und die hierzu erforderliche Zeit mit einer Tertienuhr
nessen.

2 Die hierdurch erhaltene Gröſse ist nicht näher angegeben.

Winkel	Stoſs	Geſchwindigkeit	Winkel	Stoſs	Geſchwindigkeit
1 Grad	0,0449 Loth	21,84 Zoll	46 Grad	3,253 Loth	185,88 Zoll
2	0,0899	28,59	47	3,372	189,36
3	0,1339	35,34	48	3,419	192,84
4	0,1798	42,09	49	3,626	196,32
5	0,2248	48,84	50	3,716	199,80
6	0,2697	52,91	51	3,896	203,16
7	0,3150	56,98	52	4,031	206,52
8	0,3603	61,05	53	4,116	209,88
9	0,4056	65,12	54	4,301	213,24
10	0,4509	69,20	55	4,421	216,60
11	0,4961	72,55	56	4,540	219,44
12	0,5414	75,90	57	4,660	222,28
13	0,5929	79,25	58	4,779	225,12
14	0,6444	82,60	59	4,896	227,96
15	0,6959	85,95	60	5,018	230,80
16	0,7474	89,12	61	5,098	232,62
17	0,7989	92,29	62	5,187	234,44
18	0,8504	95,46	63	5,258	236,[illegible]
19	0,9135	98,63	64	5,338	238,[illegible]
20	0,9766	101,80	65	5,418	239,[illegible]
21	1,0937	104,78	66	5,498	241,[illegible]
22	1,1082	107,76	67	5,559	242,65
23	1,1659	110,74	68	5,621	244,04
24	1,2290	113,72	69	5,682	245,42
25	1,2830	116,70	70	5,737	246,80
26	1,3376	119,68	71	5,999	247,92
27	1,3919	123,02	72	5,860	249,04
28	1,4462	126,18	73	5,907	250,16
29	1,6007	129,34	74	5,955	251,28
30	1,6550	132,50	75	6,002	252,40
31	1,7401	135,72	76	6,049	253,28
32	1,8252	138,94	77	6,097	254,16
33	1,9103	142,16	78	6,144	255,04
34	1,9954	145,38	79	6,179	255,92
35	2,0805	148,60	80	6,214	256,80
36	2,1660	151,94	81	6,249	257,46
37	2,2680	155,28	82	6,284	258,12
38	2,3700	158,62	83	6,318	258,78
39	2,4720	161,96	84	6,354	259,44
40	2,5740	165,30	85	6,372	260,10
41	2,6760	168,72	86	6,390	260,46
42	2,7780	172,14	87	6,408	260,82
43	2,8970	175,56	88	6,425	261,18
44	3,0160	178,98	89	6,442	261,54
45	3,1350	182,40	90	6,460	261,90

Digitized by Google

39) Bekanntlich ist die Richtung des Windes nicht stets ge- horizontal und aus seiner Neigung gegen den Horizont muſs nothwendig ein Einfluſs auf die Stärke seines Stoſses n eine verticale Fläche erwachsen. Um diese Neigung zu en, kann die oben (§. 4) von Benzenberg vorgeschlagene ichtung dienen, zweckmäſsiger ist aber die von Schmidt t angegebene. Sie besteht, wie durch die punctirten Li- angedeutet ist, aus einer horizontalen Windfahne β, deren Fig. 223. ie auf die der eigentlichen Fahne lothrecht gerichtet ist. lieser, die sich in ihrem Schwerpuncte bei γ leicht in ver- er Ebene bewegt, befindet sich ein, des Gleichgewichts en, mit dem Gewichte a beschwerter Zeiger, welcher auf Gradbogen gg die Neigung der Fahne gegen den Hori- und somit die Neigung der Windrichtung angiebt. Um Einfluſs dieser Neigung auf den Stoſs gegen die vertical ende Scheibe zu ermitteln, dient folgende Betrachtung. st der Neigungswinkel der Windrichtung gegen die hori- ale Ebene α, so wird der Anstoſswinkel des Windes bei n Ausschlagswinkel des Pendels $= \varphi$ hiernach $90^\circ - \varphi + \alpha$ $90^\circ - \varphi - \alpha$, und die gegebene Gleichung $s = \frac{p \,\text{Sin.}\, \varphi}{\text{Cos.}^2 \varphi}$ randelt sich hiernach in

$$s' = \frac{p \,\text{Sin.}\, \varphi}{\text{Cos.}^2 (\varphi - \alpha)} \quad \text{oder} \quad s' = \frac{p \,\text{Sin.}\, \varphi}{\text{Cos.}^2 (\varphi + \alpha)}.$$

d hierin $\alpha = 12^\circ$ genommen, so erhält man nach den uchen von Bossut die in den beiden folgenden Tafeln be- neten Werthe.

Für 12° aufsteigenden Wind.			Für 12° niedersteigenden Wind.		
Vin- kel φ	Stoſs	Geschwin- digkeit	Win- kel φ	Stoſs	Geschwin- digkeit
2Grad	0,524 Loth	74,5 Zoll	12 Grad	0,621 Loth	81,5 Zoll
4	1,007	103,2	24	1,481	127,0
6	1,756	136,6	36	2,728	170,0
8	2,707	169,3	48	4,255	211,0
0	4,020	205,8	60	5,274	237,0
2	5,447	240,0	72	5,997	252,0
4	6,057	253,5	78	6,320	258,8

Vergleicht man die hier erhaltenen Werthe mit den in der gen Tabelle angegebenen, so ergiebt sich, daſs da, wo die

Digitized by Google

Abweichungen beider von einander am gröſsten sind, nämlich bei $\varphi = 36°$ bis $60°$, die zu gleichen Winkeln des Pendels gehörigen Geschwindigkeiten bei einem um 12 Grad aufsteigenden Winde um 0,1 kleiner, bei einem um ebenso viel niedersteigenden aber um 0,1 gröſser sind, als bei einem in horizontaler Richtung wehenden. Kleinere Abweichungen können daher füglich vernachläſsigt werden, und da die angenommene von 12 Grad nicht leicht statt finden dürfte, so ist es unnöthig, hierauf besondere Rücksicht zu nehmen.

40) Die Versuche, welche Schmidt anstellte, um die Tauglichkeit des angegebenen Windmessers zu prüfen, sind nach seinem eigenen Urtheile nicht genügend; ob noch spätere, die er anzustellen und bekannt zu machen beabsichtigte, vorhanden sind, ist mir unbekannt. Es scheint mir indeſs allerdings der Mühe werth, bei dem Aufschwunge, welchen die Meteorologie gegenwärtig genommen hat, dieses Anemometer und das von Beaufoy angegebene einer weiteren Prüfung, namentlich auch durch Versuche, zu unterwerfen, um demnächst durch Anwendung derselben eine bis jetzt bestehende wesentliche Lücke der Meteorologie auszufüllen.

41) Man ist in neueren Zeiten auch darauf bedacht gewesen, die durch Wolf vorgeschlagenen Anemometer brauchbarer und für genaue Messungen geeigneter zu machen. Dieses ist vorzugsweise durch Schober[1] geschehn, welcher hierzu eine kleine Windmühle wählte, an welcher eine Glocke angebracht war, die bei sechs Umdrehungen der Flügel angeschlagen wurde, wonach sich also die Mengen der Umdrehungen in einer gegebenen Zeit messen lieſsen. Ungleich zweckmäſsiger ist die Einrichtung, welche Woltmann[2] diesem Apparate gab, den er dazu bestimmte, die Geschwindigkeit sowohl des strömenden Wassers, als auch des Windes zu messen. Er brachte an der Axe, an welcher die Windmühlenflügel befestigt sind, eine Schraube ohne Ende an, deren Windungen in die Zähne eines Rades eingreifen, dessen Axe mit einem Zeiger versehn ist, um die Menge der ganzen Umläufe der Windmühlenflügel zu messen. Bei jeder Umdrehung der

1 Hamburger Magazin. Bd. IX. St. 2 u. 3.

2 Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels u. s. w. Hamb. 1790. 4.

nen Mühlenwelle rückt das Rad um einen Zahn weiter, und Art der Meſſung iſt daher willkürlich, wird aber meiſtens eingerichtet, daſs bei 30 Umläufen der Welle das Rad ein- ganz herumkommt und der Zeiger die Zahl der Umläufe lt. Das Rad kann dann weiter ſo eingerichtet werden, daſs an ihm befindliches Getriebe in zwei ſogenannte *hunting els* eingreift und ſonach eine ſehr groſse Menge von Um- ungen zählbar macht.

42) Die Aufgabe, wie ſich die Umläufe der Flügel zu Geſchwindigkeit des ſie ſtoſsenden Windes verhält, gehört den ſehr ſchwierigen. Ohne hierüber in tiefere Unterſu- gen einzugehn, wird Folgendes genügen, um eine deut- e Vorſtellung der Sache zu erhalten. Zuvörderſt muſs die ung ſo weit vermindert werden, daſs man ſie als ver- vindend vernachläſſigen kann; doch iſt dieſes nicht in gan- Strenge möglich, weil bei zunehmender Geſchwindigkeit Windes ſein Druck wächſt, dadurch alſo auch der Druck hinteren Zapfens gegen ſeine Widerlage und ſomit deſſen ung, obgleich ſeine koniſche Spitze von Stahl und die lerlage von Achat ſeyn kann. Unter Vorausſetzung, daſs ns keine bedeutenden Fehler erwachſen können, gelangt leicht zu folgenden Reſultaten. Der Hauptheil des Ap- Fig. tes beſteht aus den Flügeln der kleinen Windmühle, deren 225. zwar nicht nothwendig beſtimmt iſt, man wählt deren meiſtens vier, und zwar ſchon aus dem Grunde, weil die ende Luft hinreichenden Raum zum Abflieſsen haben muſs[1]. der in der Richtung des Windes liegenden Axe c ſind vier Arme a, a, a, a ſo befeſtigt, daſs ſie alle in der lichen Ebene liegen, auf welche der Wind lothrecht ſtöſst, daſs ſie unter ſich Winkel von 90° bilden. An den En- dieſer Arme ſind die rectangulären, ſehr dünnen Schei- α, α, α, α befeſtigt und ſämmtlich in einem gleichen kel gegen die auf der Axe lothrechte Ebene der Stäbe ge- et. Wenn dann der Wind gegen die ſchief gegen ihn hteten Flächen ſtöſst, ſo werden dieſe ihm ſeitwärts mit leunigter Geſchwindigkeit ausweichen, bis der Widerſtand n die Kraft des Stoſses verſchwindet, alſo die Flächen die iche Geſchwindigkeit, als die des Windes, angenommen

1 Vergl. Art. *Windmühle.*

Digitized by Google

haben, und ihm mit einer der seinigen gleichen Geschwindigkeit ausweichen, was sehr bald eintreten wird, wenn die als verschwindend zu betrachtende Reibung kein bleibendes Hinderniſs entgegensetzt. Beim Ausweichen der Flügel, die sich dann in Kreisen bewegen, müssen aber die von der Umdrehungsaxe ungleich entfernten Theile der kleinen Flügel eine ungleiche Geschwindigkeit annehmen, weil diese sich wie die durchlaufenen Räume, und letztere wie die beschriebenen Kreise oder deren Halbmesser verhalten. Es folgt aber aus der Natur der Sache, daſs, wenn die genau in der Mitte der Flügel liegenden Theile eine dem Winde genau gleiche Geschwindigkeit annehmen, die der Umdrehungsaxe näher liegenden hinter dieser zurückbleiben und daher einen Widerstand ausüben müssen, den wir einen positiven nennen wollen, während die von der genannten Mitte entfernteren vorauseilen und daher einen negativen Widerstand erzeugen. Weil aber beide Widerstände einander gleich sind, so werden sie sich aufheben und die mittleren Theile genau die Geschwindigkeit des Windes annehmen; der Einfachheit wegen macht man aber die Flächen der Flügel gröſser an Breite als an Höhe. Welcher Neigungswinkel der Flügel gegen die Ebene der Arme oder gegen die der Windrichtung lothrecht entgegenstehende Ebene für den beabsichtigten Zweck am geeignetsten sey, ist nicht mit absoluter Schärfe sicher bestimmt. Am einfachsten scheint es zu seyn, 45° als die Mitte zwischen dem ganzen und dem verschwindenden lothrechten Widerstande, bei denen gar keine Umdrehung der Flügel statt finden würde, zu wählen, Schübler hält aber einen Winkel von 52° am geeignetsten. Heiſst dann r der Halbmesser des von der Mitte des Flügels durchlaufenen Kreises und π die Ludolph'sche Zahl, so ist die Länge des während eines Umlaufes der Flügel durchlaufenen Kreises $2r\pi$, und wenn in 1 Secunde n Umläufe statt finden, so ist, die Geschwindigkeit v und die Länge der Radien in Fuſsen genommen,

$$v = n2r\pi.$$

Auf diese Weise sind die im Art. *Wind* angegebenen Geschwindigkeiten des Windes gemessen.

43) Neuerdings hat man in England einige Windmesser in Vorschlag gebracht, die hier noch erwähnt zu werden verdienen.

erst möge der von Robert Adie[1] zu Liverpool erfundene ıannt werden, wofür ihm die Gesellschaft der Künste für ıottland die silberne Medaille zuerkannte. Gegen die bisher ıräuchlichen macht er vorzüglich den Einwand, daſs sie zu nig empfindlich sind, und daſs die Federn, die durch die ıft des Windes zusammengedrückt werden, nicht bloſs mit Zeit ihre Elasticität verlieren, sondern auch dem Einflusse ungleichen Temperatur auf die Stärke ihrer Spannung un- iegen. Dieser letztere Einwurf trifft zunächst die nach ıguer's Methode construirten, fällt aber bei den durch ıufoy verbesserten weg; den ersteren Mangel macht er vor- sweise gegen Lind's Windmesser geltend, welcher ihm am auesten bekannt gewesen zu seyn scheint und ihn zum ːil auf den von ihm selbst erfundenen geführt hat, welcher rdings an Empfindlichkeit alle andere bedeutend übertrifft.

Adie's Apparat besteht aus einem cylindrischen, mit Was- Fig. 226.
gefüllten, blechernen Gefäſse GG, in welches ein anderer dichter Cylinder A herabgesenkt ist. Dieser hängt an einer nur, deren anderes Ende um die Rolle B, die auf der Axe C ıitzt, geschlungen ist. Auf dieser nämlichen, mit ihren End- en in Zapfenlagern liegenden Axe sitzt gleichfalls die Schne- D fest, um welche eine Schnur gewunden ist, die am andern e das Gewicht W trägt. Das Gewicht des Cylinders A das in W halten sich das Gleichgewicht und stellen den and der Ruhe her, wenn die Schnur des letzteren um die ıste Windung der Schnecke geschlungen ist und also auf längsten Hebelarm wirkt; sobald aber A durch verdichte- Luft im Innern gehoben und also leichter wird, gelangt Schnur der Schnecke D auf eine kleinere Windung und also eine geringere Kraft aus. Mit der Schnecke dreht sich eich die Axe, an deren einem Ende der Zeiger E festsitzt,

[1] Edinburgh New Philos. Journ. N. XLIV. p. 309.

[2] In der Beschreibung heiſst es eine Schnecke (mit spiralförmigen ungen), in der Figur ist es eine Rolle. Auch diese würde genü- und obendrein einfacher für die Verfertigung und die Berechnung Die Empfindlichkeit des Instrumentes und die Gröſse des vom r durchlaufenen Bogens hängt dann von der Kleinheit des Durch- ers der Rolle B ab, der Kasten A wird aber aus hydrostatischen den so viel schwerer, muſs also durch einen so viel stärkeren Wind en werden, je höher er steigt.

dessen Spitze auf einem getheilten Kreise die Grade der Umdrehung angiebt. Zum Messen des Maximums und des Minimums der Windstärke dienen zwei fliegende Zeiger, die durch den Hauptzeiger fortgeschoben an der erreichten Stelle zurückbleiben. In dem innern Cylinder A befindet sich die Oeffnung eines gebogenen Rohres, welches durch den Boden des gröſseren Cylinders geführt und dann aufwärts gebogen ist. Die weitere Construction ist durch die Zeichnung nicht erläutert, sondern bloſs beschrieben. Am oberen Ende H der Röhre befindet sich nämlich eine Kammer mit einer trichterförmigen Oeffnung, die dem Winde allezeit entgegensteht. Um dieses zu erreichen, ist die Kammer der Oeffnung diametral gegenüber mit einer Windfahne versehn und um die Oeffnung der Röhre H drehbar, indem ein Quecksilberventil sie luftdicht macht[1]. Der Stöpsel P endlich dient dazu, um das etwa in die Röhre geflossene Wasser abzulassen.

Man ersieht leicht, daſs der Cylinder A leichter werden, aufsteigen und daher die Axe mit dem Zeiger umdrehen muſs, wenn die Luft durch das Einblasen des Windes in die trichterförmige Oeffnung in ihm verdichtet wird. Allerdings läſst sich auf diese Weise eine groſse Empfindlichkeit erreichen, weil auch die geringste Verdichtung der Luft den hydrostatischen Stand des Cylinders ändern muſs; in welchem Verhältniſs dieses aber mit der Geschwindigkeit des Windes steht, soll durch Versuche ermittelt werden, was eine bei weitem schwierigere Aufgabe, als die Erfindung eines Windmessers ist, und eben daher ist diese von Adie ungelöst gelassen. Uebrigens ve-

1 Diese Beschreibung ist offenbar mangelhaft, und läſst den Beurtheiler auſser Stand, die Brauchbarkeit des Apparates zu prüfen. Das Quecksilberventil verdient auf jeden Fall kein Vertrauen. Ist es nach auſsen frei, so kommt Regen und Staub hinzu, und das Eisen rostet, auch durch bloſse feuchte Luft, ohne Zutritt des Wassers, sehr schnell, wenn es mit Quecksilber in Berührung steht, die Verdunstung des Quecksilbers selbst nicht zu erwähnen. Auſserdem ersieht man nicht, wie auf diese Weise eine genügende Stabilität der Kammer und ihrer trichterförmigen Oeffnung erhalten wird. Es wäre übrigens leicht, den ganzen Kasten GG um eine verticale Axe drehbar zu machen und mit einer Windfahne zu versehn, um die Röhre H nebst ihrer trichterförmigen festsitzenden Oeffnung stets dem herrschenden Winde entgegenzurichten.

ıte er verschiedene Formen der dem Winde entgegengerich-
a Oeffnung, fand aber den Trichter am geeignetsten.

44) Bei den jüngsten, in England gemachten Vorschlägen
Anemometern bezweckte man, sowohl die Geschwindigkeit,
auch die Richtung der Winde zu messen und beide zu-
:h zu registriren. Von dieser Art ist das durch Forbes[1]
fohlene, was jedoch nicht ausgeführt worden zu seyn scheint,
ı sonst würden sicher die Resultate der Erfahrung nicht
:n, dabei aber auch die Schwierigkeiten sich herausgestellt
n, die seiner praktischen Anwendbarkeit entgegenstehn.
en wesentlichen Theilen nach besteht dieser Windmesser
einem starken, hinlänglich zu befestigenden Brete CD, auf Fig.
hem die möglichst dünnen Metallstäbe GE und HF be- 227.
gt und oben durch den Querbalken EF verbunden sind.
terer trägt den zur Windmessung bestimmten Apparat,
lich zuerst die Windmühle A mit verticaler Axe und dün-
in verticalen Ebenen liegenden Flügeln. Diese kleine
le ist zum Theil mit einem in der Zeichnung nicht auf-
mmenen, durch eine Windfahne drehbaren Kasten so um-
n, daſs nur ein Theil der Flügel vorsteht und durch den
des Windes getroffen wird. Je nach der Stärke des
des läuft die Mühle schneller um und es könnte daher
Menge dieser Umläufe als Maſs seiner Geschwindigkeit
:n; da aber diese auf eine andere Weise gemessen wird,
arf man dieses Mittel vernachlässigen, und es lieſse sich
Bewegung des Apparates auch durch ein Uhrwerk bewerk-
gen, was im Ganzen noch räthlicher seyn dürfte. Die
der Mühle hat am unteren Ende ein Getriebe a, welches
gezahntes Rad b umdreht, auf dessen Axe c eine Schraube
Ende eingeschnitten ist, um ein unten an der runden
el B hervorragendes gezahntes Rad um seine verticale Axe
ıdrehn. Die Scheibe dieses Rades hat gegen den Rand
:wischen zwei concentrischen Kreisen einen Ausschnitt; über
iegt eine zweite Scheibe, beiden Flächen parallel, mit ei-
Loche über jenem Ausschnitte, und über dieser eine dritte,
ler Axe befestigte Scheibe, gleichfalls mit einem Aus-
itte. Wenn dann die untere und obere Scheibe mit ihrer
inschaftlichen Axe in der horizontalen Ebene umgedreht

Edinburgh Journal of Science. New Ser. N. III. p. 31.

werden und hiernach die Einschnitte und das Loch der mittleren Scheibe über einander zu liegen kommen, so fällt eine der vielen über ihnen in der Kapsel liegenden Kugeln auf das Bret CD herab. Aus der Menge der in gegebener Zeit herabgefallenen Kugeln lieſse sich daher die Zahl der Umdrehungen und somit die Stärke des Windes finden, allein, wie bemerkt, soll diese anderweitig gefunden werden, doch können die Resultate beider zur Vergleichung und gegenseitigen Controle dienen.

Fig. 228. 45) Um sowohl die Richtung, als auch die Stärke des Windes zu messen, liegt auf dem Brete CD des Apparates eine Scheibe ABCD, die in beliebig viele, am besten acht, Sectoren durch dünne aufstehende Schienen getheilt ist. Sechs gleich weit von einander abstehende concentrische Schienenkreise theilen die acht Sectoren dieser Scheibe in 48 Fächer, die zwischen den schmalen Einfassungen auf angemessene Weise vertieft sind. Wenn dann die Kugeln aus der Kapsel herabfallen, so würden sie ohne äuſseren Einfluſs in der Richtung der punctirten Linie lothrecht herabfallend in das Centrum der Scheibe gelangen; werden sie aber durch den Wind getroffen, so treibt dieser sie von der lothrechten Falllinie seitwärts, und die Vertiefung, worin man sie findet, giebt durch ihre Lage unmittelbar die Richtung des Windes an, ihr Abstand vom Centrum aber die Stärke des Windes, welcher ihre Ablenkung von der lothrechten Falllinie bewirkte. Um die der Gröſse und dem specifischen Gewichte der fallenden Kugeln, der Höhe des Fallraumes und der Stärke des Windes zugehörige Ablenkung zu finden, legt Forbes die für den Widerstand der Mittel von Newton[1] aufgestellten Gesetze und im Allgemeinen die Berechnungen zum Grunde, welche Robison[2] gegeben hat. Die Fallhöhe nimmt er zu 4 Fuſs an, zeigt aber, daſs auch 1 Fuſs Höhe genügende Resultate geben könne. Die Kugeln werden zu 0,2 Zoll Durchmesser angenommen und würden am besten von gleichem specifischen Gewichte mit dem Wasser gewählt werden. Die Resultate der theoretischen Berechnung, wobei

1 Principia. Lib. II.

2 Art. *Projectils* in Encyclopaedia Britannica. Man findet sie auch in dessen Mechanical Philosophy. Edinb. 1822. 4 Voll. 8. T. II. p. 281. Vergl. Art. *Widerstand der Mittel.*

Kraft des Windstoſses dem Quadrate der Geschwindigkeit
ł die letztere nach dem bekannten Fallgesetze der Quadrat-
rzel aus der Fallhöhe proportional angenommen wird, stim-
n mit den Versuchen Hutton's sehr gut überein.

46) Hiernach erscheint also die Construction des Appara-
theoretisch sehr wohl begründet zu seyn, allein der prak-
hen Ausführung stehn so bedeutende Hindernisse entgegen,
s es eine vergebliche Mühe seyn dürfte, Tabellen zu be-
hnen, um durch bloſses Nachsehn der Fächer, worin sich
Kugeln befinden, zugleich die Richtung und Stärke des
indes zu erhalten. Bekanntlich ist die Kraft, welche eine
vegte Flüssigkeit gegen einen ruhenden Körper ausübt, nicht
ıau dem Widerstande gleich, welchen der bewegte Körper
der ruhenden Flüssigkeit bei gleichen Geschwindigkeiten
idet, weswegen also Hutton's Versuche für den vorlie-
ıden Zweck keine genügende Grundlage darbieten, und Ro-
ox selbst gesteht, daſs auch das Problem, die Stärke des
iderstandes aus der Geschwindigkeit und dem specifischen
wichte der Flüssigkeiten mit absoluter Schärfe zu berechnen,
r Bemühungen ungeachtet noch nicht vollständig gelöst
. Angenommen aber, es sey für dieses alles eine hinläng-
ı feste Basis vorhanden und das Verhältniſs des Wider-
ıdes einer Kugel zu dem einer Fläche durch ihren Mittel-
ıct völlig bestimmt, so dürfte die dann noch erforderliche
olut genaue Bestimmung der Gröſse und des specifischen
wichtes der Kugeln unüberwindliche Schwierigkeiten herbei-
ren. Forbes schlägt hölzerne Kugeln oder auch getrock-
e Erbsen vor, allein letztere müſsten genau ausgesucht wer-
, um vollkommen rund zu seyn, beide aber dürften hin-
ıtlich ihres Volumens und specifischen Gewichtes dem Ein-
se der Feuchtigkeit, insbesondere beim Regen, allzusehr
gesetzt seyn. Ob die gewählten Kugeln nicht durch wie-
ıoltes Herabfallen ihre Gestalt ändern könnten, mag auf
ı beruhn, eine bedeutende Unsicherheit ist aber auf keine
ise zu vermeiden, wenn wir auch alle bisher erwähnten
ıdernisse als beseitigt betrachten wollten. Diese beruht dar-
, daſs die herabfallenden Kugeln sehr häufig auf die her-
stehenden Rippen unter sehr verschiedenen Winkeln auf-
lagen, hiervon zurückspringen und dann wieder in Fächer
en müssen, die den Beobachter ganz irre führen und zu

Digitized by Google

durchaus ſalschen Resultaten veranlassen würden. Sofern es daher weit bessere Anemometer giebt, die dem Erfinder des jetzt beschriebenen nach ihrer eigentlichen Construction nicht genau bekannt gewesen zu seyn scheinen, wird man mehr zu diesen seine Zuflucht nehmen.

47) Bei den Berathungen der Versammlung britischer Naturforscher nehmen meteorologische Beobachtungen und Werkzeuge die Aufmerksamkeit vorzugsweise in Anspruch, und man darf mit Recht behaupten, daſs der von dort her gegebene Impuls zu der Hoffnung berechtigt, die Meteorologie werde baldigst einen ihr gebührenden Rang unter den verschiedenen naturwissenschaftlichen Disciplinen erhalten. Bei dieser Gelegenheit sind mehrmals Anemometer vorgezeigt worden und die Erfinder haben zugleich über die Anwendbarkeit derselben Bericht abgestattet, Zeichnungen davon sind mir aber nicht bekannt geworden, doch lassen sie sich auch ohne diese hinlänglich deutlich machen. Die vorzüglichsten dort namhaft gemachten und bereits durch Erfahrung geprüften sind die von Osler und von Whewell erfundenen. Letzterer brachte die Angabe zuerst in Anregung bei der Versammlung zu Dublin[1] im Jahre 1835, und stellte das eigentlich zu lösende Problem fest. Es müsse nämlich, wie er fordert, der Gesammtbetrag der Luftströmungen, die an irgend einem Orte in verschiedenen Richtungen statt finden, aufgezeichnet werden, die Summe dieser Aufzeichnungen gebe dann für eine gewisse Zeit den Typus der Winde an dem bestimmten Orte, und wenn man mehrere Jahre zusammennehme, den mittleren jährlichen Typus. Erst dann, wenn man solche von verschiedenen Orten erhalten habe, lasse sich über die Luftbewegungen im Allgemeinen urtheilen. Bei der zweitfolgenden Versammlung[2] zu Liverpool im Jahre 1837 stattete er weiteren Bericht ab über das von ihm für diesen Zweck erfundene Anemometer, welches zur Zeit der genannten Versammlung und auch der nächstfolgenden zu Bristol noch nicht vollendet, seitdem aber von Challis zu Cambridge,

1 London and Edinburgh Philos. Magaz. N. XL. p. 315. Cambridge Transactions. T. VI. part. 2. Letzteres Werk, worin die vollständige Beschreibung enthalten ist, habe ich nicht zur Hand.

2 S. ebendaselbst N. LXIX. p. 474. Vergl. Six report of Brit. Assoc. Notices. p. 39. Supplementary Report on Meteorology. By James D. Forbes. Lond. 1841. p. 103.

rbes und Rankin zu Edinburg, Snow Harris und South-
ood zu Plymouth wirklich gebraucht worden war. Dasselbe
teht aus einer gewöhnlichen Windfahne, welche zugleich dem
inde eine kleine Windmühle, wie die Ventilatoren in den
ıstern, entgegenrichtet. Die Axe dieser Mühle pflanzt
ch Räder und Getriebe ihre sehr schnelle Bewegung fort
l macht sie so langsam, daſs durch 1000 Umläufe derselben
unten angebrachter Pinsel nur 0,05 eines engl. Zolles ab-
rts bewegt wird. Dieser Pinsel hat eine horizontale Rich-
g und zeichnet mit schwarzer Farbe auf einem weiſs lackir-
, vertical stehenden Cylinder, welcher dem ganzen Apparate
Stütze dient, eine dicke schwarze Linie. Da sich der Ap-
at nach der wechselnden Windrichtung um diesen Cylinder
ht, so giebt die horizontale Linie die Richtung, die Länge
verticalen aber die Stärke des Windes und die Zeitdauer
, während welcher er in der nämlichen Richtung wehte, die
it vom einen Nachsehn der Zeichnung bis zur nächstfol-
iden als bekannt vorausgesetzt. Hiermit wollte der Erfinder
ı Mangel ersetzen, welcher sich in den bisher vorhandenen
rzeichnissen der mittleren Windrichtungen, namentlich auch
ıen von Kämtz, findet, bei denen die schwächsten Winde
t den Stürmen auf gleiche Linie gestellt sind. Einige gra-
isch dargestellte Beobachtungen, die zu Cambridge auf der
rnwarte und zugleich auf dem Hause der dortigen Societät
r Wissenschaften angestellt worden waren, bewiesen durch
e nahe Uebereinstimmung die Brauchbarkeit des Apparates.

48) Diese Verhandlungen bewogen Osler[1] aus Birmingham,
ı von ihm erfundene und in den ersten acht Monaten des
ırs 1837 geprüfte Anemometer zu beschreiben, wozu ihn
mentlich Whewell aufforderte. Dieses besteht aus einer
wöhnlichen Windfahne, welche an einer Stange oder viel-
hr der gröſseren Stärke wegen an einer Röhre festsitzend
se letztere zugleich mit sich umdreht. Am untersten Theile
rselben befindet sich ein Getriebe, welches in ein gezahntes
d eingreift und dieses nach der jedesmaligen Windrichtung
ıdreht, während ein an demselben befestigter Pinsel auf ei-
m sich aufrollenden und durch ein Uhrwerk jede Stunde

1 British Association. 7th Report. Description of a self-registering
ıemometer and Rain-Gauge. Birm. 1839. 4.

Digitized by Google

um 1 Zoll fortgezogenem Papierſtreifen, auf welchem zugleich die Windrichtungen gezeichnet sind, eine Linie zieht. Hierdurch wird alſo die jederzeitige Windrichtung, nebſt ihrer Dauer, genau gegeben. Zum Meſſen der Stärke des Windes dient eine Tafel von 1 Quadratfuſs Flächeninhalt, die in verticaler, auf die der Windfahne ſenkrechter Ebene mit letzterer ſo verbunden iſt, daſs ihre Fläche ſtets dem gerade herrſchenden Winde entgegengerichtet wird. Als Träger derſelben dienen zwei zwiſchen Frictionsrollen verſchiebbare Arme, die gegen eine Spiralfeder drücken, ſobald der Wind gegen die Tafel ſtöſst und dieſe zurücktreibt. Vermittelſt eines Drahtes, welcher durch die Röhre, die als Träger dieſes Apparates und der Windfahne dient, herabgeht, wird unten ein zweiter Pinſel der Stärke des Druckes proportional in Bewegung geſetzt und zeichnet auf dem nämlichen Papierſtreifen Linien, die durch ihre Länge die Stärke des Windes und ſomit ſeine Geſchwindigkeit angeben. Whewell war ſehr mit dieſer Einrichtung zufrieden, meint aber, ſie gebe wohl die Stärke des Windes, nicht aber den Geſammteffect (*integral effect*) an[1]. Dieſer Vorwurf dürfte aber wohl nicht ganz begründet ſeyn; denn wenn die Linien auf dem bewegten Papierſtreifen die jedesmalige Stärke, der Streifen ſelbſt aber durch ſein Fortrücken die Zeitdauer angeben, ſo hat man hierdurch die beiden Factoren des geſuchten Productes; auch bemerkte Lloyd, daſs die Striche, welche die Windſtärke angeben, als Ordinaten, die Längen des fortgerückten Papiers als Abſciſſen betrachtet werden könnten, wonach die Flächen den Geſammteffect des Windes geben müſsten und man daher nur den bezeichneten Papierſtreifen ausſchneiden und wägen dürfte, um dieſen zu erhalten.

49) Beide letztgenannte Windmeſſer wurden den Mitgliedern der jüngſten antarktiſchen Expedition unter Capitain John Ross zum Gebrauche empfohlen. Die Verfaſſer der für dieſe beſtimmten Inſtruction[2] machen dabei in Beziehung auf den von Osler erfundenen die Bemerkung, daſs die erhaltenen Reſultate einer Verbeſſerung wegen des Aufſtauens des Windes

1 Hierunter verſteht Whewell nach dem Vorigen das Product aus der Dauer und der Stärke.

2 S. London and Edinb. Philos. Magaz. N. XCV. p. 216.

der gestoſsenen Scheibe bedürfen würden, ohne jedoch geben, woher diese zu entnehmen sey[1]; auſserdem aber ehlen sie, die aus der ungleichen Temperatur hervorge- e verschiedene Elasticität der Feder allezeit durch aufge- Gewichte empirisch zu corrigiren. Ueber das von Whe- l erfundene Anemometer urtheilen sie, es sey zusammen- zter in seiner Construction und entstehenden Unordnungen ter ausgesetzt. Gegen beide dürfte sich erinnern lassen, das Aufzeichnen der Linien durch Pinsel beschwerlicher unsicherer ist, als durch Bleistifte, die man leicht durch ache Federn so weit andrücken kann, als zur Erzeugung inglich kenntlicher Linien gerade erforderlich ist. Dabei man sich übrigens wundern, daſs zur Messung der Wind- e Federn gewählt sind, und nicht viel mehr Gewichte mit üren, die sich auf Spiralen wickeln, da diese bereits frü- namentlich auch durch Beaufoy, angegeben worden sind.

50) Eine früher, als die beiden letztgenannten, bekannt ordene Vorrichtung zum Messen der Richtung und Stärke Windes, die sich leicht durch einen den bereits angegebe- ähnlichen Mechanismus zur graphischen Aufzeichnung ein- en lieſse, theile ich um so lieber mit, als sie wegen ihrer achheit wohl den Vorzug vor vielen andern haben dürfte[2]. bloſse Anblick der Zeichnung genügt, um eine Vorstel- von derselben zu erhalten, und ich füge daher nur eine e Beschreibung mit dem Bemerken hinzu, daſs ich in ei- n nicht wesentlichen Stücken vom Originale abgewichen um zugleich die Selbstregistrirung mit aufzunehmen. In Zeichnung sieht man die gemeine Windfahne, die, hin- Fig.
lich hoch über das Dach A A vorstehend, an der hohlen 229.
ge CC festsitzt. Letztere geht in das Beobachtungszimmer b und hat an ihrem unteren Ende ein Getriebe O, welches in gleichfalls horizontales Rad P von einer gleichen Anzahl ne eingreift, dieses umdreht und bewirkt, daſs der hieran

1 Aus dem, was hierüber im Art. *Wind*, *Geschwindigkeit dessel-* gesagt worden ist, würden sich annähernde Bestimmungen hierfür ehmen lassen.

2 Ich entnehme die Beschreibung aus Dingler's polytechn. Journ. XXV. S. 223. Sie ist aus Mechanics Magaz. N. 192 vom 28. Apr. . S. 264.

befestigte Stift π auf der darunter liegenden Tafel $\alpha\alpha$ die Richtung des Windes aufzeichnet[1]. Eine Schiefertafel und ein geeigneter Zeichenstift würden hierzu am paſslichsten seyn, man ist zum Ueberflusse die schwache Feder γ angedeutet, welche diesen Stift in seiner Hülse gerade genügend herabdrückt. Da man nach beliebigen Zeitintervallen die gezeichneten Linien wegwischen kann, so ist hiermit die Richtung des Windes vollständig gegeben; verlangte man aber noch mehr, so lieſse sich die Tafel leicht durch ein Uhrwerk bewegen, was aber neue Schwierigkeiten herbeiführen würde und für anhaltende Beobachtungen als durchaus überflüssig erscheint.

Fig. 230. 51) Zum Messen der Stärke des Windes dient der in gröſserem Maſsstabe gezeichnete Rahmen EDF, welcher vertical auf dem Pfeile der Windfahne so aufgesetzt ist, daſs beider Ebenen rechtwinkelig auf einander gerichtet sind. Dieser Rahmen trägt den um die feine Axe EF leicht beweglichen, dünnen Schirm A, an dessen oberer Seite die Rolle G (statt deren auch ein Halbkreis oder selbst ein Quadrant genügen würde) befestigt ist. Von dieser läuft eine Schnur H über die Rolle L durch die Röhre CC hinab und ist unten um die Rolle k geführt, dann um die Scheibe ll geschlungen und ihr Ende durch eine Spiralfeder oder ein Gewicht erforderlich gestrafft. Die Rolle ll trägt den Stab t, an dessen einem Ende durch die Hülse μ ein Stift herabgeht, um auf der unten horizontal liegenden Tafel rr die Stärke des Windes graphisch darzustellen. Drückt der Wind mit der seiner Geschwindigkeit zugehörenden Gewalt die Tafel A zurück, so zieht die Rolle G die Schnur an, die Scheibe ll wird umgedreht und der Stift registrirt die zugehörige Windstärke, und da der Raum, durch welchen der Schirm A gehoben wird, nicht mehr als einen Quadranten betragen kann, so darf man nur der Rolle G den vierfachen Radius der Rolle ll geben, um für den Unterschied der Windstärke einen ganzen Kreis zu erhalten. Nach der ursprünglichen Angabe steht die Ebene des

1 Nach dem Original soll die Ebene des Rades vertical seyn und an seiner horizontalen Axe einen Zeiger tragen, welcher auf einem Zifferblatte die Windrichtung angiebt. Die von mir angenommene horizontale Lage der Räder und der Scheibe ist offenbar einfacher, bequemer und sicherer.

.e ll vertical und trägt einen Zeiger, um auf einem gleich-verticalen Zifferblatte die Stärke des Windes anzugeben, man sich auch ohne Zeichnung leicht vorstellen kann. ı hat bei dieser Construction eine unüberwindliche Schwie-eit in dem Umstande gefunden, daſs die Schnur, welche Rolle ll umzudrehen dient, durch den veränderlichen chtigkeitszustand, und wenn man statt ihrer einen Draht ılen wollte, durch die ungleiche Temperatur verkürzt oder ängert wird; allein diesem Uebelstande ist leicht abzuhel- Zuvörderst ist die Ausdehnung des Metalls durch Wärme leich kleiner, als die der Schnüre aus animalischen oder etabilischen Stoffen durch die Feuchtigkeit; erstere würden er einen Vorzug vor den letzteren haben, wenn nicht von andern Seite ihre geringere Biegsamkeit diesen Vortheil ır als gänzlich aufhöbe. Dennoch aber würde rathsam seyn, ganze, durch die Röhre herabgehende Länge aus Metall-ıt zu verfertigen und das Gewicht desselben, so wie die ſt der auf das Ende der Schnur wirkenden Spiralfeder, durch an der Rolle L oder selbst G angebrachtes Gegengewicht balanciren, um die Kraft auch der leisesten Windstöſse zu sen. Würden dann die über die Rollen oben und unten hlungenen oder nur über sie hinlaufenden Schnüre aus den roskopischen Substanzen verfertigt, so könnte ihre Aus-nung wegen ihrer geringen absoluten Länge nicht groſs ı, aber auch diese geringe Gröſse läſst sich beseitigen. ı darf zu diesem Behuf nur das untere Ende der Wind-ıenstange, da dieser Apparat an jedem Tage gewiſs mehr-s beobachtet wird, mit der Hand um 90° von dem Stande, sie gerade einnimmt, nach der einen oder andern Seite ımdrehn, um die Platte A lothrecht herabhängend zu ma-n, und die Gröſse, um welche dann der Zeiger vom Null-cte der Scheibe rr absteht, giebt den Fehler an, welcher vorausgegangenen Beobachtung zugehört. Da der Zeiger r oder der Stab t auf dem ihn bewegenden Zapfen nur gesteckt ist, so wird man ihn jederzeit wieder auf 0 der eilung stellen, und der nachher gefundene Fehler würde er annähernd nur etwa zur Hälfte als Verbesserung einzu-ren seyn. Es dürfte hiernach dieser am wenigsten zusam-ıgesetzte und durchaus nicht künstlich eingerichtete Apparat allen andern den Vorzug verdienen.

Digitized by Google

52) Am 11ten November 1837 zeigte Combes[1] dem französischen Institute ein Anemometer, welches zwar eigentlich nur bestimmt ist, die *Geschwindigkeit der Luftſtrömungen in den Galerieen* und *Minen* der Bergwerke zu messen, und auſserdem auf keine neuen Principien gebaut ist, allein dennoch hier erwähnt zu werden verdient, zum Theil auch deswegen, weil einige Untersuchungen darin vorkommen, die sich unmittelbar an die bereits mitgetheilten anschlieſsen. Dasselbe ist ein sehr kleines, fein gearbeitetes Instrument und auf das zuerst durch Wolf aufgestellte Princip gegründet. Eine kleine, mit feinen Spitzen in Achat laufende Axe trägt am einen Ende vier sich kreuzende Stangen mit feinen Rahmen, in denen kleine Scheibchen von Rauschgold oder dünnem Metallblechen ausgespannt sind und mit ihrer auf die Axe perpendiculären Rotationsebene einen Winkel von 20 bis 25 Grad bilden. Die Axe mit diesen Flügeln wiegt nicht mehr als 2,865 Gramm. In ihrer Mitte befindet sich eine Schraube ohne Ende, die in ein Rad von 100 Zähnen eingreift, welches letztere durch einen kleinen Zapfen ein zweites Rad von 50 Zähnen jederzeit um einen Zahn weiter schiebt. Beide Räder haben auf ihre Axen aufgesteckte Zeiger, die andere sogenannte fliegende Zeiger vor sich hin schieben und somit von 1 bis 5000 Umläufen der kleinen Windmühle zählen. Das ganze Instrument ruht auf einer Kupferscheibe, die Flügel spielen frei, doch lassen sie sich augenblicklich anhalten und wieder frei beweglich machen durch einen Winkelhebel, welcher zwischen ihre Arme greift, und durch einen zweiten kleinen Hebel, welcher mittelst zwei seidener Fädchen bewegt wird, so daſs er die Flügel augenblicklich frei läſst oder anhält, ohne daſs sich der Beobachter dem Instrumente nähert. Das Anemometer wird dann auf einen Pfeiler in den Luftzug so gestellt, daſs seine Axe in der Richtung desselben liegt; der Beobachter verbirgt sich in einem Winkel oder hinter einem Pfeiler, um nicht störend einzuwirken, mittelst der Fädchen läſst er die Flügel frei und arretirt sie wieder, miſst genau die dazwischen verflossene Zeit, und liest dann die Zahl der Umdrehungen nach der Angabe der Zeiger ab, um auf diese Weise die

1 L'Institut 1837. T. V. p. 410. Das Instrument ist eigentlich ein sehr kleiner Woltmann'scher Windmesser.

windigkeit der Strömung, und somit die Menge des in :ner Zeit durch einen gemessenen Raum strömenden Gases ssen. Obgleich also das Instrument nicht eigentlich zum ı der Geschwindigkeit des Windes bestimmt ist, über-nan doch bald, daſs es füglich auch hierzu verwandt wer-önne.

3) Combes bemühte sich, durch die Theorie unterstützt, erhältniſs zwischen der Geschwindigkeit der Luftströ-und der Zahl der Umdrehungen der Flügel durch Er-g zu finden. Die zu diesem Zweck angestellten Ver-haben insofern einen Vorzug vor den zahlreichen frühe-ls sie mit dem Instrumente selbst gemacht wurden. Zu Zwecke diente eine Maschine, mittelst welcher eine Stange, ein Meter lang, in horizontaler Ebene umge-wurde. Am Ende derselben war das Anemometer so be-, daſs die Axe desselben in der Bahn des beschriebenen s von 1 Meter Halbmesser lag. Mit dem Uhrwerk wa-indflügel verbunden, durch deren Stellung die Umdre-ı geschwinder und langsamer gemacht werden konnten. idnen Fädchen waren der Länge nach über der eisernen hin durch ein Loch im Zapfen des Centrums gezogen, s man sie anziehn und dadurch die Flügel des Anemo-feststellen oder frei lassen konnte, ohne die Maschine lten. Auf diese Weise lieſs sich also die den Umläufen einen Flügel zugehörige Geschwindigkeit der Luftbewe-mit völliger Genauigkeit messen, unter der Voraus-g, daſs es gleiche Resultate giebt, wenn die bewegte egen eine ruhende Fläche und wenn diese bewegte Fläche die ruhende Luft stöſst. Dieses setzt Combes voraus[1], immt zugleich als allgemein zugestanden an, daſs der chte Stoſs einer gleichmäſsig bewegten Flüssigkeit gegen bene Fläche der Gröſse dieser Ebene und dem Quadrate schwindigkeit der Bewegung proportional sey, wonach ie hieraufgegründete theoretische Formel seyn würde:

$$v = \sqrt{\frac{Cg}{k\pi a \,\mathrm{Sin.}\,\alpha\,\mathrm{Cos.}^2\alpha}} + \mathrm{Tang.}\,\alpha \times u,$$

Die Zweifel und Gründe hiergegen sind im Art. *Wind*, *Ge-ligkeit desselben*, erörtert worden.

worin v die Geschwindigkeit in 1 Secunde, u die gleichmäſsig Geschwindigkeit des Centrums der Flügel, $\frac{\pi}{g}$ die Dichtigk der Luft, welche gegen die Flügel stöſst, C einen constan von der Reibung der Theile des Anemometers abhängend auf einen gegebenen Hebelarm bezogenen Coefficienten, k ein numerischen, aus de Borda's Versuchen zu entnehmen Factor bezeichnen. Da die Geschwindigkeit u der Zahl Umdrehungen der kleinen Windmühle in einer gegebenen Z proportional ist, so darf man nur diese Zahl durch n bezeich nen, und erhält dann

$$v = a + b + n,$$

worin a und b numerische Coefficienten bezeichnen. Aus Versuchen, worin die Geschwindigkeit zwischen 0,37 und 3 Meter in 1 Secunde wechselte, nach der Methode der klein Quadrate berechnet, fand sich

$$v = 0{,}1971 + 0{,}0906\,n$$

in Metern. Die durch Versuche und Rechnung erhalten Gröſsen stimmten so genau mit einander überein, daſs kei der Abweichungen über 0,03 hinausging.

54) Wollte man von diesem Drehungsapparate zum V theil der eigentlichen Anemometer Gebrauch machen, so wü es rathsam seyn, Flügel von ungleichem Flächeninhalte anzuwen den, und die Geschwindigkeiten so weit als möglich zu v gröſsern, um namentlich für die Ausmittelung des Windsto bei heftigen Stürmen eine feste Grundlage der Messungen erhalten. Das Wichtigste wäre dann, durch einige feine V suche bei bekannter Geschwindigkeit der Luftströmung zu mitteln, ob bei solchen nicht hohen, in einem Winkel etwa 45° gegen die Stoſsebene gerichteten Flügeln die G schwindigkeit des Windes genau der ihres Mittelpunctes gl ist, wobei zugleich ein constanter Factor für die Reibung a zusuchen wäre, der auf jeden Fall nicht groſs seyn kann Sollte sich dieses als ausgemacht herausstellen, so dürfte leicht seyn, mit Anwendung der besten unter den vielen diesem Artikel angegebenen Vorrichtungen Windmesser zu halten, mittelst deren die Geschwindigkeit des Windes a im Groſsen leicht meſsbar seyn würde.

M.

Digitized by Google

Windmühle.

Mola movens se ope venti, mola pneumatica; lin à vent; *Wind-mill.*

Den Windmühlen ist in der alten Ausgabe dieses Wer- ein eigener Artikel gewidmet, ja sie werden darin gar erwähnt, weil ihre Construction nicht eigentlich in das t der Physik gehört, sondern zunächst in die angewandte anik oder die praktische Maschinenlehre. Weil aber alle eine physische Kraft unmittelbar bewegte wichtige Ma- n in unserm Werke bisher berücksichtigt worden sind, so er Vollständigkeit wegen auch diese nicht gänzlich fehlen. erschöpfende Bearbeitung dieses Gegenstandes kann übri- nicht erwartet werden, vielmehr wird es genügen, nur Hauptsachen zu erwähnen.

Nach den Untersuchungen von Busch[1] werden die Wind- n zuerst um das Jahr 1105 erwähnt, sie waren um diese in Frankreich und vor 1143 in England bekannt; die so- nten *holländischen* Windmühlen, die aus einem feststen runden Thurme bestehn und bei denen bloſs das Dach len Flügeln und ihrer Axe beweglich ist, sollen um 1650 inem Künstler in Flandern erfunden worden seyn. Seit- sind sie vielfach abgeändert worden. Bei weitem die mei- haben in einer verticalen Ebene bewegliche Flügel, und vier, selten sechs oder gar acht, inswischen sind solche ings vorgeschlagen worden[2]. Die Flügel bewegen sich iner verticalen Ebene, und die Schriftsteller, welche ufgabe im Allgemeinen behandeln, beschränken sich auf ewöhnlichen mit vier in verticaler Ebene beweglichen ln, ohne den Unterschied im Baue bei den sogenannten

---

Handbuch der Erfindungen. Bd. XII. Eisenach 1822. S. 383.

Die neuerdings von A. Durand ausgeführte, von der Prüfungs- ission des Pariser Instituts sehr günstig beurtheilte, hat sechs l. S. Comptes rend. 1842. T. XIV. N. 12. p. 422. Sonstige Vor- e zu 6 Flügeln giebt es mehrere, die ausgeführten haben sich icht als vortheilhaft bewährt.

Digitized by Google

holländischen und den deutschen zu berücksichtigen, welcher auch in Beziehung auf den mechanischen Effect gleichgültig ist, wenn gleich die holländischen im Allgemeinen eine gröſsere Festigkeit und mehr Bequemlichkeit darbieten. Es wird daher auch hier genügen, nur diese Classe zu berücksichtigen, ohne auf die verschiedenen anderweitigen Constructionen einzugehn, zu deren gründlicher und ausführlicher Erörterung mir ohnehin die erforderlichen literärischen Hülfsmittel nicht zur Hand sind.

Die Construction und die Wirkungen der Windmühlen werden in verschiedenen eigens diesem Gegenstande gewidmeten Werken und in einzelnen Abhandlungen untersucht, finden sich aber auch in allen ausführlicheren Werken über den Mühlenbau. Ohne eine Uebersicht der Literatur zu geben oder nur die Leistungen der einzelnen Schriftsteller hervorzuheben, möge bloſs bemerkt werden, daſs die Construction der Windmühlen im Allgemeinen als bekannt vorausgesetzt wird; die Hauptaufgabe bezieht sich daher auf den vortheilhaftesten Bau der Flügel und die Leistungen derselben, die vom Winde abhängen. In dieser Beziehung legen die englischen Schriftsteller die Untersuchungen Smeaton's[1], die französischen Lahire's[2], Coulomb's[3] und de Borda's[4], die deutschen endlich Schober's[5] und Woltmann's[6] zum Grunde, wovon bereits in den Artikeln *Widerstand* und *Wind* gehandelt worden ist. Langsdorf[7] hat nicht bloſs diese, sondern auch andere Quellen mit kritischer Prüfung benutzt, und da ich etwas Gleiches zu leisten nicht wohl im Stande bin, so wird es am gerathensten seyn, ihm in der Hauptsache zu folgen.

Bei den mit 4 in verticaler Fbene beweglichen Flügeln versehenen Windmühlen heiſst das hölzerne Gestell, [illegible]

---

1 Philos. Trans. 1759. p. 100.

2 Mém. de l'Acad. des Sc. de Paris. T. IX. p. 96.

3 Ebend. 1781. T. LXV. p. 41.

4 Ebend. 1763. p. 358. 1767. p. 495.

5 Hamburger Magazin. Bd. IX. St. 2 u. 3.

6 Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels. Hamburg 1790. 4.

7 Auſser seinen früheren mechanischen und hydraulischen Werken zunächst in: Ausführliches System der Maschinenkunde. Bd. II. Abth. 1. S. 111 ff. Heidelb. 1827. 4.

Digitized by Google

drehbar sind, der *Bock*, die Welle *Flügelwelle*, die durch e gesteckten Arme heiſsen *Windruthen*, auch nennt man l die Welle mit Ruthen und Flügeln *Windrad*. Die ge der ganzen Windruthe mit zwei Flügeln beträgt bei gröſseren nicht leicht weniger, als 40 Fuſs, erreicht aber n 70 Fuſs, und weil die meisten Winde nicht genau ho- ıtal wehn, sondern meistens etwas herabstoſsend wirken, iebt man den Flügeln eine wenig gegen den Horizont ge- te Lage. Durch die Windruthe werden die 5 bis 7 Fuſs en sogenannten *Sprossen* gesteckt, und zwar so, daſs sie eder nach der Seite ihrer Umdrehung hin nur etwa 1 Fuſs tehn und daselbst mit den sogenannten *Windbretern* be- t sind, oder daſs sie auf beiden Seiten gleich weit vor- ı, meistens aber an der Umdrehungsseite etwas weniger. gröſseren Steifung sind die Sprossen allezeit mit ihren Enden inen gemeinschaftlichen Rahmen gesteckt und zuweilen an breiteren Seite der Flügel mit dünnen, den Windruthen llel laufenden Latten beschlagen. Sind die angegebenen ıdbreter vorhanden, so wird nur eine Seite, im entgegen- tzten Falle werden beide Seiten der Windflügel mit gro- Leinen, am besten mit Segeltuch überspannt. Diese Se- werden bei den schlechteren Windmühlen meistens nur chen den Sprossen abwechselnd durchgesteckt, zwischen geflochten, bei den besseren dagegen sind an den Ruthen hrer ganzen Länge eiserne Haken angebracht, in welche an der einen Seite der Segel festgenäheten Schleusen ein- ngt werden. An der anderen Seite der Segel befinden Bänder, womit man sie an den Rahmen der Flügel fest- et, wobei die Sprossen als Leitern dienen, um mittelst elben wie auf Leitern aufzusteigen und das Ausspannen Segel zu verrichten. Die ersten Sprossen stehn von der gelwelle um 3 bis 4 Fuſs ab, um beim Umdrehn nicht an Dach zu stoſsen.

Bei den gewöhnlichen Bockmühlen hat das untere Gestell, *Bock*, oben einen Zapfen, auf welchen, um ihn drehbar, Gehäuse mit der Mühle aufgesetzt ist, bei den holländi- n endigt das untere polygonisch gestaltete oder runde Ge- le oben mit einem Kranze, dem *Rollringe*, welcher so ehauen ist, daſs ihn eine 4 bis 6 Zoll hohe Wandung iebt, die das Ausweichen des *Laufringes* verhindert.

Digitized by Google

Letzterer ruht auf Walzen, die in Vertiefungen im Rollringe um ihre Axen drehbar sind, zugleich aber in eine Nuth im Laufringe eingreiſen, so daſs die obere Fläche des Rollringes und die untere des Laufringes sich in einem nicht groſsen Abstande von einander befinden. Die Breite des Rollringes kann nicht wohl unter 14 Zoll und seine Höhe nicht unter 12 Zoll betragen, weswegen er aus gutem Eichenholze verfertigt seyn muſs, auch verfertigt man aus dieser Ursache den vorstehenden Aufsatzring für sich und befestigt ihn über dem eigentlichen Rollringe mit gehörigen Klammern, auſser den beide verbindenden hölzernen, vertical durchgesteckten Dollen. In die Vertiefung des Laufringes wird ein eiserner Ring eingesenkt, dessen Fläche also über die Walzen hingleitet. Das Aufsetzen des Daches auf den Laufring verdient nicht besonders erwähnt zu werden. Die bereits angegebene Neigung der Flügel gegen den Horizont wird dadurch erreicht, daſs die Wellenaxe an ihrem anderen Ende etwas vertieft, auf 10 Fuſs Länge etwa 16 bis 20 Zoll, liegt. Der Durchmesser des Wellenhalses mag da, wo er aufliegt, nach der Gröſse der Flügel etwa 12 bis 14 Zoll betragen, auch muſs der Kopf der Welle wenigstens 4 Fuſs lang und parallelepipedisch von 14 bis 16 Zoll Seite seyn, weil die durchgesteckten Windruthen in ihrer Mitte 6 bis 8 Zoll dick sind, nach den Enden hin aber verjüngt zulaufen. Langsdorf empfiehlt aber, um diese groſse Dicke zu vermeiden, eine andere, aus der Zeichnung leicht zu erkennende Vorrichtung, wonach bloſs die Zulagen ab, a b durchgesteckt werden, die dann bei einer Länge von 10 Fuſs die Breite der Windruthen, aber nur 4 bis 4,5 Zoll Dicke haben und aus Eichenholz bestehn, während die Windruthen der gröſseren Leichtigkeit und Elasticität wegen aus Nadelholz gemacht werden. Der Wellenhals wird, wo er sich in seinem Lager dreht, mit eisernen Schienen belegt, das Lager selbst verfertigt man aus Basalt, Porphyr oder auch aus Marmor, am besten aus einer harten Steinart. In der Mühle ist auf der Welle ein Kronrad angebracht, dessen Zähne in ein etwas konisches Getriebe am oberen Ende eines verticalen Cylinders des sogenannten *Königsbaums*, eingreifen, dessen dadurch bewirkte Umdrehung um seine verticale Axe zur Bewegung der beabsichtigten Maschinen benutzt wird. Da bei allen Maschinen Mittel zum Anhalten vorhanden seyn müssen, so ist [illegible]

Fig. 231.

bei den Windmühlen der Fall, und zwar dient hierzu mein ein *Bremswerk*, bestehend aus einem Kranze, wel- feſt auf den Rand des Kronrades an der Welle drückt die Bewegung deſſelben unmöglich macht. Mit geringen eichungen iſt dieſe Einrichtung ſtets die nämliche, auch allezeit ein Seil oder eine Stange bis unter die Mühle ›, um durch Anziehung derſelben das Bremswerk einzu- en und die Flügel anzuhalten, wenn man an den Flügeln s ordnen will. Das Umdrehen der Mühle, um ſie dem de nach den Anzeigen der auf dem Dache befindlichen en Windfahne ſtets entgegenzudrehn, geſchieht mittelſt Sterze, eines langen und ſtarken, nach ſeinem Ende hin s verjüngt zulaufenden Balkens, des ſogenannten *Sterz- ɪes*, an deſſen Ende ein kleiner Haſpel angebracht iſt, um ſich ein Seil windet, welches mit ſeinem andern Ende lſt einer Schleife in feſte Haken eingehängt wird. Bei den mühlen ſind dieſe hölzernen Haken rund um die Mühle nem Kreiſe in die Erde eingeſchlagen, bei den holländi- ı aber befinden ſie ſich auf der Gallerie, welche um den ı Theil des Gebäudes herumläuft.

Die Fläche der Flügel lag bei den älteren Mühlen in der ichen geraden Ebene, und die Flügelruthe war daher für durchgeſteckte Latten in der nämlichen Richtung durch- t. Die Theorie muſste dieſe Einrichtung als unſtatthaft ınen, denn der Nutzeffect hängt von der Kraft ab, womit um etwa 45° gegen die Richtung des Windes geneigte el dem Windſtoſse auszuweichen ſtrebt, die dann wieder h die Geſchwindigkeit bedingt wird, in welche ein gege- r Theil des Flügels durch andere Theile deſſelben bereits zt worden iſt. Da aber die Geſchwindigkeit der einzelnen le der Flügel mit ihrer Entfernung vom Centrum der Welle ımmt, ſo läſst ſich eine Geſchwindigkeit derſelben denken, welcher ſie dem Winde ſchneller ausweichen, als dieſer ermöge ſeiner Geſchwindigkeit bewegen würde, wonach alſo einen negativen oder hindernden Effect geben wür- l. Inzwiſchen waren es die niederländiſchen Mühlenbau- ter, welche dieſem Fehler, entweder durch Nachdenken durch Erfahrung geleitet, abhalfen und ſtatt der *ebenen*

---

1 Vergl. Art. *Windmesser*. §. 42.

Digitized by Google

die gebogenen Flügel einführten. Hiernach werden die zum Durchstecken der Sproſsen bestimmten Löcher so gebohrt, daſs die Winkel, die sie mit einer durch die Flügelaxe gelegten verticalen Ebene bilden, von der Welle an zunehmend gröſser werden und die Sproſsenlöcher in einer gewundenen Linie liegen, die ungefähr den zwölften Theil eines Schraubenganges bildet, wodurch dann sowohl nach der Theorie, als auch nach der Erfahrung der Nutzeffect um etwa ein Drittel vergröſsert wird.

Weiter in die Beschreibung der Windmühlen und ihrer Theile einzugehn, insbesondere aber die Stärke des Windstoſses je nach dem Flächeninhalte der Flügel und ihrer ungleichen Neigung gegen die Umdrehungsebene, so wie endlich auch den gröſsten hieraus zu erzielenden Nutzeffect, als Function der Umlaufsgeschwindigkeit und der Gröſse des Luftdruckes gegen die Flügel, ausführlich zu erörtern scheint mir hier der Ort nicht zu seyn. Da sich diese Untersuchungen auf die praktische Anwendung beziehn würden, wobei Ausführlichkeit und Eingehn auf eine genaue Beschreibung der einzelnen Theile unentbehrlich sind, so muſs man diese aus den gröſseren Werken über praktische Maschinenlehre entnehmen[1].

M.

1 Auſser dem angegebenen Werke von v. Langsdorf, wo leider die erforderliche Genauigkeit in der Bezeichnung der Figuren fehlt, verdient vorzüglich empfohlen zu werden: Theorie des Windstoſses, welche in der Anwendung auf Windflügel und die von denselben getriebenen Maschinen durch eine völlige Uebereinstimmung mit der Erfahrung begründet wird. Von A. L. Crelle. Berl. 1802. 4.

Windrose.

Rosa nautarum; Rose des Vents, Cadran des ıts; *Compaſs, See-Compaſs, rose of a Com-* s.

Ueber die Windrose ist bereits in den Artikeln *Weltge- d* und *Wind* das Erforderliche gesagt worden. Dort wurde ı in einer Anmerkung angegeben, daſs namentlich bei den nischen Schriftstellern eine Menge Bezeichnungen der ver- edenen Winde vorkommen, die aber so wenig genau sind, es nicht allezeit möglich ist, sie scharf von einander zu rscheiden. Wenn es nöthig ist, sie mit lateinischen Namen bezeichnen, so dürften noch diejenigen am passendsten seyn, ihnen Leutmann[1] gegeben hat. Hiernach heiſsen die 32 nde, von Nord anfangend durch Süd bis wieder zurück, st ihren Bezeichnungen und den ihnen zugehörigen Win- ı, wie folgt: 1) N. 0° 0′ Boreas; 2) NO. 11° 15′ Hy- oreas, Hypaquilo; 3) NNO. 22° 30′ Aquilo; 4) NON. 45′ Mesoboreas, Mesaquilo; 5) NO. 45° Arctapeliotes, apediotes; 6) NOO. 56° 15′ Hypocaecias; 7) ONO. 67° Caecias; 8) ON. 78° 45′ Mesocaecias; 9) O. 90° Sub- ınus, Apeliotes, Solanus; 10) OS. 101° 15′ Hypeurus; OSO. 112° 30′ Eurus, Vulturnus; 12) SOO. 123° 45′ seurus; 13) SO. 135° Notapoliotes, Euroauster; 14) SOS. ° 15′ Hypophoenix; 15) SSO. 157° 30′ Phoenix, Leu- otus; 16) SO. 168° 45′ Mesophoenix; 17) S. 180° Au- , Notus; 18) SW. 191° 15′ Hypolibonotus; 19) SSW. ° 30′ Libonotus, Austroafricus; 20) SWS. 213° 45′ Me- ibonotus; 21) SW. 225° Notozephyrus, Notolybicus, Africus; SWW. 236° 15′ Hypolibs, Vesperus; 23) WSW. 247° 30′ s; 24) WS. 258° 45′ Mesolibs, Mesozephyrus; 25) W. ° Favonius, Zephyrus; 26) WN. 281° 15′ Hypargestes, pocorus; 27) WNW. 292° 30′ Argestes, Caurus, Corus,

1 Instrumenta Meteorognosiae cet. Wittemb. 1725. 8. p. 124. Bezeichnungen nach den Weltgegenden stimmen mit den neuer- gs üblichen und richtigern nicht durchaus überein.

Digitized by Google

Japix; 28) NWW. 303° 45′ Mesargestes, Mesocorus; 29) NW. 315° Zephyroboreas, Borolybicus, Olympias; 30) NWN. 326° 15′ Hypocircius; 31) NNW. 337° 30′ Circius, Thracias; 32) NW. 348° 45′ Mesocircius. Die absolute Genauigkeit und Schärfe dieser Bezeichnungen läſst sich auf keine Weise verbürgen[1].

M.

Winkelhebel.

Gebrochener Hebel; *Vectis angularis;* Levier brisé; *Crooked Lever.*

So wird ein Hebel[2] genannt, dessen beide Arme nicht in einer geraden Linie liegen, sondern einen gegebenen Winkel unter sich bilden.

Archimedes suchte das Princip der Theorie des Hebels in Verbindung mit der Lehre von dem Schwerpuncte zu beweisen, oder vielmehr er setzte dieses Princip als ein Axiom, ohne eigentlichen strengen Beweis, voraus. So kam es, daſs mehrere neuere Schriftsteller, La Hire, Bernoulli, Kästner, Kirsten u. A., vor allem einen strengern Beweis dieses Princips gesucht haben, um dann auf ihm die wichtige Lehre von der Zerlegung der Kräfte und auf beiden die gesammte Statik und Mechanik zu erbauen. Newton schlug einen andern Weg ein, indem er, als Grundlage dieser beiden Wissenschaften, die Lehre von der Zerlegung der Kräfte als ein Axiom annahm und daraus sofort das Princip des Hebels und somit die ganze Wissenschaft abzuleiten suchte. Die neuesten Schriftsteller, besonders in Frankreich, haben diesen letzten Weg beibehalten, mit dem Unterschiede jedoch, daſs sie die Lehre von der Zerlegung der Kräfte auch noch streng zu beweisen suchten[3], und daſs sie endlich überhaupt der Wissenschaft eine durchaus analytische

---

1 Vergl. Lüdicke über die Bezeichnung der Winde bei den Alten. In Hindenburg's Archiv. Th. III. S. 38.

2 S. Art. *Hebel.* Bd. V. S. 105.

3 Man s. Laplace Méc. céleste Vol. I. Poisson Traité de Mécanique. IIte Aufl. Vol. I.

talt zu geben bemüht waren, statt der synthetischen, in
che sie Newton zu kleiden gesucht hatte. Was nun jenen
eis der Neueren von dem Princip der Zerlegung der Kräfte
ifft, so soll er Vielen nicht elementar genug erscheinen, da
lie Infinitesimalrechnung zu Hülfe ruft, während ihn wie-
Andere, von der strengen Observanz, nicht als scharf und
llen Puncten beruhigend genug zu betrachten pflegen. Die
e Differentialrechnung bisher aufgestellten Beweise sind, selbst
n sie in Beziehung auf ihre Strenge allen Forderungen ge-
en sollten, doch zu umständlich, um in einem eigentlichen
rgebäude der Wissenschaft vorangestellt zu werden.

Sehn wir also zuerst zu, wie Newton diesen Gegenstand
ndelt, und lassen wir ihn mit seinen eigenen Worten re-
. In der Einleitung zu dem ersten Buche seiner *Principia*
st es, wie folgt:

Lex II. *Si vis aliqua motum quemvis generat, dupla
lum, tripla triplum* etc. *generabit, sive simul et semel,
gradatim et successive impressa fuerit. Et hic motus,
orpus antea movebatur, motui ejus vel conspiranti addi-
, vel contrario subducitur, vel obliquo oblique adjicitur et
eo secundum utriusque determinationem componitur.*

Corollarium. *Si corpus, dato tempore, vi sola* P *in loco* Fig.
mpressa, ferretur uniformi cum motu ab M *ad* G, *et vi* 232.
Q, *in eodem loco impressa, ferretur ab* M *ad* H: *com-
tur parallelogrammum* MGHK, *et vi utraque ferretur
m tempore corpus in diagonali ab* M *ad* K. *Nam quo-
m vis* Q *agit secundum lineam* MH *ipsi* GK *parallelam,
c vis (secundum Legem* II) *non mutabit velocitatem acce-
di ad lineam illam* GK *a vi altera genitam. Accedet
ur corpus eodem tempore ad lineam* GK, *sive vis* Q *im-
natur, sive non; atque adeo in fine illius temporis repe-
ur alicubi in linea illa* GK. *Eodem argumento in fine
dem temporis reperietur alicubi in linea* HK, *et idcirco
utriusque lineae concursu* K.

Mich dünkt, dieses sey viel einfacher, deutlicher und über-
gender zugleich, als irgend einer der vielen weitläuftigen und
hrten sogenannten Beweise, die man bisher von diesem Satze
eben hat, und von welchen allen nahe dasselbe gilt, was
htenberg irgendwo von der Philosophie sagt, daſs sie

Digitized by Google

nämlich die Kunst sey, uns dasjenige gelehrt und verwickelt zu sagen, was Jeder ohnehin schon gewuſst hat. Daraus folgt aber unmittelbar das bekannte Theorem von der Zusammensetzung oder von der Zerlegung der Kräfte. Wird nämlich von zwei, auf einen Körper M zugleich wirkenden Kräften die eine P durch die Linie MG und die zweite Q durch die Linie MH ihrer Gröſse und Richtung nach vorgestellt, und verzeichnet man das Parallelogramm, dessen Seiten diese zwei Kräfte vorstellen, so kann man diesen zwei *Seitenkräften* P und Q eine einzige *mittlere Kraft* R substituiren, welche letztere durch die Diagonale MK dieses Parallelogramms ihrer Gröſse und Richtung nach vorgestellt wird.

Dadurch ist also jedes Problem über die Zusammensetzung oder Zerlegung der Kräfte auf die einfache Auflösung eines ebenen Dreiecks MGK zurückgeführt. In diesem Dreiecke sind nämlich die Seiten MG = P und GK = MH = Q die Seitenkräfte, so wie MK = R die mittlere Kraft (oder die sogenannte Resultante); die beiden Winkel GMK = x und GKM = y aber sind die Winkel, welche die Resultante mit den beiden Seitenkräften bildet. Bezeichnet man endlich durch m den Winkel GMH = x + y zwischen den beiden Seitenkräften, so ist auch der dritte Winkel MGK unseres Dreiecks = 180° — m.

Dieses vorausgesetzt hat man also die Gleichungen

$$R^2 = P^2 + Q^2 + 2PQ \text{ Cos. } m,$$

$$R : Q = \text{Sin. } m : \text{Sin. } x \text{ oder Sin. } x = \frac{Q}{R} \text{Sin. } m,$$

$$R : P = \text{Sin. } m : \text{Sin. } y \text{ oder Sin. } y = \frac{P}{R} \text{Sin. } m,$$

und wenn daher von den sechs dieses Dreieck bestimmenden Gröſsen P, Q, R, x, y und 180° — m drei gegeben sind, so wird man daraus, mittelst der vorhergehenden Gleichungen, die drei anderen finden. Die beiden letzten dieser Gleichungen sagen: Die Resultante R verhält sich zu jeder der Seitenkräfte, z. B. zu Q, wie sich der Sinus des Winkels zwischen den Seitenkräften verhält zu dem Sinus des Winkels der Resultante mit der anderen Seitenkraft P. Auch folgt aus denselben zwei Gleichungen:

$$R : Q : P = \text{Sin. } m : \text{Sin. } x : \text{Sin. } y,$$

ɿeiſst, von diesen drei Kräften kann jede durch den Sinus nigen Winkels dargestellt werden, welchen die Richtun- der beiden anderen Kräfte unter sich bilden.

Da also die Resultante MK = R den beiden Seitenkräften = P und MH = Q zusammengenommen in ihrer Wir- ; ganz gleich ist, so kann auch jene statt dieser beiden so können auch diese beiden statt jener substituirt werden. mt man daher statt der Resultante MK = R in der Ver- Fig. erung ihrer Richtung KMC eine andere MC = R auf der 233. egengesetzten Seite des Anfangspunctes M, so wird die Kraft die ihr gleiche entgegengesetzte MK aufheben, also wird auch elbe Kraft MC = R die beiden Seitenkräfte MG = P und MH = Q eben, oder die Kraft R nach der Richtung MC wird mit beiden Kräften P nach MG, und Q nach MH *im Gleich- ichte seyn.* Ebenso wird auch P mit den beiden Kräften ınd R, so wie auch Q mit den beiden Kräften P und R, *alle drei* (durch jenes Parallelogramm bestimmten) *Kräfte den unter sich im Gleichgewichte stehn.* Diese Kraft =MC, welche der Resultante MK gleich und in ihrer Rich- g entgegengesetzt ist, wird die *Aequipollente* der Resultante genannt.

Wenn man von dem anderen Endpuncte K der Resultante die Lothe Kp = p und Kq = q auf die Richtungen MA MB der beiden Seitenkräfte P und Q herabläſst, so ist

$$p = R\,\text{Sin.}\,x \quad \text{und} \quad q = R\,\text{Sin.}\,y.$$

ch der letzten vorhergehenden Gleichung hat man aber für Verhältniſs der Seitenkräfte

$$\frac{P}{Q} = \frac{\text{Sin.}\,y}{\text{Sin.}\,x},$$

o ist auch, wenn man die so eben gefundenen Werthe von ı.x und Sin.y substituirt,

$$\frac{P}{Q} = \frac{q}{p},$$

daſs sich also bei jedem Winkelhebel GMH oder GKH r das Gleichgewicht *die Seitenkräfte verhalten, wie ver- hrt die Lothe, welche man aus irgend einem Puncte der ichtung der Resultante auf die Richtungen dieser Seiten- äfte gezogen hat, und umgekehrt*, und dieses ist der Satz,

Digitized by Google

den man gewöhnlich unter der Benennung des *Theor* *gebrochenen Hebels* versteht.

In den meisten Fällen reicht es bei den Problem Statik und Mechanik hin, die beiden Seitenkräfte unter einander senkrechten Richtungen anzunehmen oder den W GMH = m = 90° zu setzen. Dadurch werden die vo gehenden Ausdrücke viel einfacher. Setzt man nämli Seitenkraft MG = X und MH = Y, so wie den W KMG der Resultante R mit P gleich a, so wird man vorhergehenden Ausdrücken

P und Q in X und Y,
x in a,

und

y in 90° — a

verwandeln, wodurch man erhält

$$\left.\begin{array}{l} X = R\ \mathrm{Cos.}\,a \\ Y = R\ \mathrm{Sin.}\,a \\ R^2 = X^2 + Y^2 \end{array}\right\},$$

durch welche Gleichungen man je zwei von den vier Grö X, Y, R und a finden wird, wenn die zwei andern geg sind.

Wie man aber, nach dem Vorhergehenden, jede Kraft in zwei andere unter einander senkrechte Kräfte X und Y ze legen kann, welche letztere durch die Seitenlinien eines Rech ecks vorgestellt werden, dessen Diagonale jene mittlere Kra ist, so wird man auch jede solche Kraft R in drei andere un sich senkrechte Kräfte X, Y und Z zerlegen können, wel letztere durch die Kanten eines rechtwinkligen Parallelepip dums vorgestellt werden, dessen Diagonale wieder jene mittl Kraft R ist. Man denke sich nämlich dieses Parallelepiped über den drei Axen der unter sich senkrechten Coordinat x, y und z construirt, und schneide dasselbe durch eine Ebe die durch die Diagonale und durch die Axe der z geht, di senkrecht auf der coordinirten Ebene der xy steht. Die Schnitt wird die Gestalt eines Parallelogramms haben, dess eine Seite Z in der Axe der z liegt, während die andere di Diagonale des das Parallelepipedum in der Ebene der xy be-

Digitized by Google

zenden Parallelogramms ist. Diese Diagonale läſst sich , nach dem Vorhergehenden, wieder in die zwei Seitente X und Y auflösen, die durch die beiden Seiten des ernten Parallelogramms dargestellt werden und von denen ı der Axe der x und Y in der Coordinatenaxe der y liegt, aſs demnach die so bestimmten Linien X, Y und Z die drei r sich senkrechten Seitenkräfte der mittleren Kraft R voren. Nennt man also a den Winkel der Kraft R mit der X, b mit der von Y und c mit der von Z, so hat man Gleichungen

$$X = R \text{ Cos. } a,$$
$$Y = R \text{ Cos } b,$$
$$Z = R \text{ Cos. } c$$

$$R^2 = X^2 + Y^2 + Z^2,$$

ıei noch bemerkt werden muſs, daſs die drei Winkel a, b, c ıt ganz von einander unabhängig sind, sondern daſs zwi- :n ihnen die Gleichung besteht: $\text{Cos.}^2 a + \text{Cos.}^2 b + \text{Cos.}^2 c = 1$.

Winkelhebel

in der allgemeinsten Bedeutung des Worts.

Das Vorhergehende enthält die Theorie des gebrochenen ıels oder des *Winkelhebels*, dieses Wort in der oben geenen einfachsten Bedeutung desselben genommen, desjenigen ıels nämlich, der aus zwei unter einem gegebenen Winkel ɔundenen geraden Linien besteht, an dessen äuſsersten Endcten zwei gegebene Kräfte nach bestimmten Richtungen ken, vorausgesetzt, daſs die Richtungen dieser Kräfte in Ebene jener beiden den Winkelhebel constituirenden geraden ien liegen. Allein der Begriff eines gebrochenen Hebels läſst ı noch viel allgemeiner auffassen, und in dieser seiner allıeinsten Gestalt bildet die Theorie desselben eines der wichten Probleme der Statik, ja man kann selbst sagen, daſs ses Problem das ganze Gebiet der Statik in ihren vorzügısten Theilen umfaſst. Es wird daher nicht unangemessen :heinen, dasselbe hier etwas näher zu betrachten.

Das in Rede stehende Problem läſst sich auf folgende

Digitized by Google

Weise ausdrücken: *Von einer unbestimmten Anzahl von Körpern, die unter sich immer dieselben Entfernungen behalten, werde jeder durch mehrere Kräfte getrieben, deren Größe und Richtung gegeben ist; man suche die Bedingungen des Gleichgewichts dieses Systems von Körpern.*

Man kann sich diese Körper, die wir hier nur als körperliche Puncte, ohne Rücksicht auf ihre Gestalt, betrachten, z. B. in den verschiedenen Winkeln eines mannigfaltig verflochtenen Drahtgitters angebracht vorstellen, in welchem jedes zwei nächste Körper verbindende Drahtstück unbiegsam und unausdehnbar, also in seiner Länge unveränderlich angenommen wird.

Beziehn wir nun die Lage dieser körperlichen Puncte, so wie die Richtungen der auf sie wirkenden Kräfte auf drei, im Raume fixe, und unter sich rechtwinkelige Coordinatenaxen, die wir die Axen der x, der y und der z nennen wollen. Bezeichnen wir durch diese Gröſsen x, y und z die diesen Axen parallelen Coordinaten des ersten jener körperlichen Puncte. Auf diesen ersten Punct M wirke die Kraft P in einer Richtung, die mit den drei Axen der x, y, z respective die Winkel α, β, γ bilde. Ebenso seyen für den zweiten körperlichen Punct M' die seine Lage im Raume bestimmenden Coordinaten x', y', z' und die auf ihn wirkende Kraft P', deren Richtung mit den Axen der x, y, z die Winkel α', β', γ' bilde. Für einen dritten Körper M'' seyen die analogen Gröſsen x'', y'', z'', P'' und α'', β'', γ'', und so fort für die übrigen, deren willkürliche Anzahl gleich N seyn mag.

Ehe wir aber die Bedingungen des Gleichgewichts dieses Systems von körperlichen Puncten suchen, wollen wir bemerken, daſs man jede einzelne dieser Kräfte P, P', P''... in drei andere auflösen kann, die respective den Axen der x, y, z parallel seyn werden. Auf diese Weise wird nämlich die Kraft P in drei andere

$P\,\text{Cos.}\,\alpha$ nach der Richtung der x,
$P\,\text{Cos.}\,\beta$ — — — — y,
$P\,\text{Cos.}\,\gamma$ — — — — z,

und ebenso wird die Kraft P in drei andere $P'\,\text{Cos.}\,\alpha'$, $P'\,\text{Cos.}\,\beta'$, $P'\,\text{Cos.}\,\gamma'$ nach denselben drei Richtungen zerfallen, und so fort

lie übrigen. Nimmt man daher die Gröſsen X, Y, Z so an, man hat

$$=P\,Cos.\alpha+P'\,Cos.\alpha'+P''\,Cos.\alpha''+\ldots=\Sigma.P\,Cos.\alpha,$$
$$=P\,Cos.\beta+P'\,Cos.\beta'+P''\,Cos.\beta''+\ldots=\Sigma.P\,Cos.\beta,$$
$$=P\,Cos.\gamma+P'\,Cos.\gamma'+P''\,Cos.\gamma''+\ldots=\Sigma.P\,Cos.\gamma,$$

ann man sagen, daſs die einzelnen Puncte dieses Systems von drei Arten von Kräften afficirt werden, nämlich von drei Kräften

$$=X+X'+X''+..;\ \Sigma Y=Y+Y'+Y''+..;\ \Sigma Z=Z+Z'+Z''+..,$$

n Richtungen respective mit den Axen der x, y und z pa-l sind.

Wenn nun das System in Folge der auf dasselbe einwir-len Kräfte P, P′, P″... im Gleichgewichte, in Ruhe ver-ben soll, so darf es durch jene Kräfte weder eine pro-sive Bewegung im Raume, noch auch eine rotatorische regung um einen seiner Puncte erhalten. Die Erfüllung er zwei Bedingungen wird aber durch die Gleichungen gedrückt, die wir bereits oben[1] aufgestellt haben. Man nämlich, da die a. a. O. eingeführte Bezeichnung mit der enwärtigen übereinstimmt, für das Gleichgewicht der pro-siven Bewegung

$$\left.\begin{array}{l}H=\Sigma.P\,Cos.\alpha=0\\ I=\Sigma.P\,Cos.\beta=0\\ K=\Sigma.P\,Cos.\gamma=0\end{array}\right\}\ldots\quad(I)$$

für das Gleichgewicht der rotatorischen Bewegung

$$\left.\begin{array}{l}L=\Sigma.P\,(x\,Cos.\beta-y\,Cos.\alpha)=0\\ M=\Sigma.P\,(z\,Cos.\alpha-x\,Cos.\gamma)=0\\ N=\Sigma.P\,(y\,Cos.\gamma-z\,Cos.\beta)=0\end{array}\right\}\ldots\quad(II)$$

tels der oben aufgestellten Werthe von X, Y und Z lassen diese sechs Gleichungen noch einfacher darstellen. Es d nämlich auch die drei ersten Gleichungen (I)

$$\left.\begin{array}{l}H=\Sigma.X=0\\ I=\Sigma.Y=0\\ K=\Sigma.Z=0\end{array}\right\}$$

1 S. Art. *Mechanik*. Bd. VI. S. 1534.

Digitized by Google

und ebenso die drei letzten (II)

$$\left.\begin{array}{l} L=\Sigma.(Yx-Xy)=0 \\ M=\Sigma.(Xz-Zx)=0 \\ N=\Sigma.(Zy-Yz)=0 \end{array}\right\},$$

wo die Zeichen H, I, K und L, M, N, der Kürze wegen gleichsam als die *Benennungen* dieser sechs Gleichungen eingeführt sind.

A. Allgemeine Bemerkungen über diese Gleichungen.

1) Wenn die sämmtlichen körperlichen Puncte des Systems, so wie die Richtungen aller Kräfte, ohne parallel zu seyn, in einer und derselben Ebene liegen, so kann man dafür eine der drei coordinirten Ebenen, z. B. die der xz annehmen. Dann sind aber in den vorhergehenden Gleichungen alle y gleich Null und alle β gleich 90°, so wie $\gamma=90^\circ-\alpha$, $\gamma'=90^\circ-\alpha'$ u. s. f., so daſs daher jene sechs Gleichungen in die folgenden drei übergehn:

$$\left.\begin{array}{l} H=\Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\,\alpha=0 \\ K=\Sigma.P\,\mathrm{Sin.}\,\alpha=0 \\ M=\Sigma.P(z\,\mathrm{Cos.}\,\alpha-x\,\mathrm{Sin.}\,\alpha)=0 \end{array}\right\}.$$

2) Wenn die Richtungen aller Kräfte P, P′, P″... in einen und denselben Punct zusammenlaufen, so sind, wenn man diesen Punct als Anfangspunct der Coordinaten betrachtet, die Gröſsen x, y, z ... den Cosinus der Winkel α, β, γ... proportional, und man hat

$$\frac{x}{y}=\frac{\mathrm{Cos.}\,\alpha}{\mathrm{Cos.}\,\beta};\ \frac{x}{z}=\frac{\mathrm{Cos.}\,\alpha}{\mathrm{Cos.}\,\gamma}\ \text{u. s. w.},$$

das heiſst, es ist

$$x\,\mathrm{Cos.}\,\beta-y\,\mathrm{Cos.}\,\alpha=0;\ z\,\mathrm{Cos.}\,\alpha-x\,\mathrm{Cos.}\,\gamma=0\ \text{u. s. w.},$$

so daſs daher die drei letzten Gleichungen L, M, N ganz wegfallen. Man hat daher für das Gleichgewicht eines einzigen Punctes, der unter der Wirkung einer willkürlichen Anzahl von Kräften P, P′, P″ ... steht, bloſs die drei Gleichungen H, I und K, oder

$$\Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\,\alpha=0;\ \Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\,\beta=0;\ \Sigma.P\,\mathrm{Cos.}\,\gamma=0.$$

Digitized by Google

3) Sind die Richtungen aller Kräfte unter sich parallel, aber erschiedenen Ebenen, so kann man für die gemeinschaftli- Richtung aller Kräfte eine der drei Coordinatenaxen, z. B. Axe der z nehmen. Dann ist aber $\gamma = 0$ und $x = \beta = 90°$. diesen Fall gehn also die drei Gleichungen (I) in die fol- e einzelne über:

$$K = 0 \text{ oder } \Sigma.P = 0 \text{ oder } P + P' + P'' + \ldots = 0,$$

:end die drei Gleichungen (II) nur die folgenden zwei n:

$$= 0 \text{ oder } \Sigma.Px = 0 \text{ oder } Px + P'x' + P''x'' + \ldots = 0,$$
$$= 0 \text{ oder } \Sigma.Py = 0 \text{ oder } Py + P'y' + P''y'' + \ldots = 0.$$

4) Liegen endlich die sämmtlichen mit der Axe der z pa- len Kräfte in einer und derselben Ebene, wofür man die ıe der xz wählen kann, so ist $\gamma = 0$ und $\alpha = \beta = 90°$ überdieſs $y = 0$, so daſs daher jene sechs Gleichungen (I) (II) schon durch die folgenden zwei ersetzt werden:

$$\left.\begin{array}{l} \Sigma.P \;\;\, = 0 \\ \Sigma.Px = 0 \end{array}\right\}.$$

. Herstellung des gestörten Gleichgewichts.

Wenn aber die Kräfte P, P′, P″ ... nicht im Stande sind, System der körperlichen Puncte im Gleichgewichte zu er- :n, so wird man doch die *Resultante* aller dieser Kräfte en können, wenn nämlich eine solche bei den gegebenen ten überhaupt möglich ist. Kennt man dann die Gröſse die Richtung dieser Resultante, so wird *sie selbst* es seyn, in verkehrter Richtung an das System angebracht, dasselbe 'erbindung mit den andern gegebenen Kräften P, P′, P″ ... ;leichgewichte halten, die also das gesuchte Gleichgewicht Systems herstellen kann. Nennt man R die Gröſse dieser ltante, dieselbe als eine positive Gröſse betrachtet[1], sind

---

[1] Auch die andern Kräfte P, P′, P″ ... werden hier durchaus als ve Gröſsen betrachtet, da die Fälle, wo sie als negative Gröſsen n, schon durch die Factoren Cos. α, Cos. β, Cos. γ berücksich- rerden. Bloſs bei parallelen Richtungen der Kräfte unterscheidet die auf- und abwärts wirkenden Kräfte durch + und —.

Digitized by Google

ferner A, B, C die Winkel, welche ihre Richtung mit den Axen der x, y, z bildet, und bezeichnet man endlich durch X, Y, Z die analogen Coordinaten des Angriffspuncts dieser Kraft R (welcher Angriffspunct irgendwo in der Richtung der Kraft R selbst liegen muſs), so wird das Gleichgewicht des Systems hergestellt seyn, wenn die sechs Gleichungen (I) und (II) bestehn, vorausgesetzt, daſs man den Kräften P, P′, P″... noch die Kraft R in entgegengesetzter Richtung hinzufügt, so daſs z. B. die erste jener Gleichungen (H) in folgende übergeht:

$$-R\,\mathrm{Cos.}\,A + P\,\mathrm{Cos.}\,\alpha + P'\,\mathrm{Cos.}\,\alpha' + P''\,\mathrm{Cos.}\,\alpha'' + \ldots = 0.$$

oder kürzer ausgedrückt

und ebenso . . .
$$\left.\begin{array}{l} H = R\,\mathrm{Cos.}\,A \\ I = R\,\mathrm{Cos.}\,B \\ K = R\,\mathrm{Cos.}\,C \end{array}\right\} \ldots \quad (III)$$

Ganz auf dieselbe Weise wird man auch für die drei andern Gleichungen (II) erhalten

$$\left.\begin{array}{l} L = R\,(X\,\mathrm{Cos.}\,B - Y\,\mathrm{Cos.}\,A) \\ M = R\,(Z\,\mathrm{Cos.}\,A - X\,\mathrm{Cos.}\,C) \\ N = R\,(Y\,\mathrm{Cos.}\,C - Z\,\mathrm{Cos.}\,B) \end{array}\right\} \ldots \quad (IV)$$

und statt der drei letzten wird man auch, wenn die Gleichungen (I′) dabei berücksichtigt werden, die drei folgenden substituiren können:

$$\left.\begin{array}{l} HY - IX + L = 0 \\ KX - HZ + M - 0 \\ IZ - KY + N = 0 \end{array}\right\} \ldots \quad (V)$$

so daſs also diese sechs Gleichungen (III) und (V) bestehn müssen, wenn zwischen den Kräften P, P′, P″... und R Gleichgewicht bestehn soll. Da die Coordinaten X, Y, Z irgend einem Puncte der Geraden angehören können, nach welchem die Resultante R wirkt, so sind die Gleichungen (V) die der Projection dieser Geraden in den drei coordinirten Ebenen. Wenn daher diese Gerade in der That existiren soll, so müssen sich diese drei Gleichungen auf zwei zurückbringen lassen, oder es muſs zwischen den constanten Gröſsen dieser drei Gleichungen irgend eine Bedingungsgleichung bestehn. Multiplicirt

Digitized by Google

a aber die erste durch K, die zweite durch I und die dritte ch H, so giebt die Summe dieser Producte

$$KL + IM + HN = 0 \ldots \text{(VI)}$$

l dieses ist daher die Bedingungsgleichung, die statt haben ſs, wenn die auf das System wirkenden Kräfte, ohne eben ichgewicht hervorzubringen, doch wenigstens eine einzige ultante haben sollen. Hat diese Gleichung (VI) statt, so d man die Gröſse dieser Resultante R durch den Ausdruck

$$R = \sqrt{H^2 + I^2 + K^2} \ldots \text{(VII)}$$

die Richtung derselben durch die drei obigen Gleichungen), das heiſst durch

$$\left.\begin{aligned} \text{Cos. A} &= \frac{\Sigma . P \,\text{Cos.}\, \alpha}{R} \\ \text{Cos. B} &= \frac{\Sigma . P \,\text{Cos.}\, \beta}{R} \\ \text{Cos. C} &= \frac{\Sigma . P \,\text{Cos.}\, \gamma}{R} \end{aligned}\right\} \ldots \text{(VIII)}$$

lten. Findet die Bedingungsgleichung (III) statt, so werdie Gröſsen X, Y, Z unter der unbestimmten Form $\frac{0}{0}$ ereinen, zum Zeichen, daſs diese Resultante, wie überhaupt Kraft, in jedem willkürlichen Puncte ihrer Richtung anracht werden kann.

Setzt man, unter der Voraussetzung, daſs die Gleichung) besteht, in den Gleichungen (V) die Gröſse $X = 0$, so finman die Coordinaten Y und Z des Punctes, in welchem verlängerte Richtung der Resultante die coordinirte Ebene yz schneidet. Diese Coordinaten sind

$$Y = -\frac{L}{H} \text{ und } Z = +\frac{M}{H}.$$

nso findet man für die Coordinaten des Punctes, in welchem Resultante die Ebene der xz schneidet,

$$X = +\frac{L}{I} \text{ und } Z = -\frac{N}{I}$$

endlich für den Durchschnittspunct derselben mit der Ebene xy

$$X = -\frac{M}{K} \text{ und } Y = +\frac{N}{K}.$$

Sind die drei Gröſsen H, I und K schon jede für sich gleich Null, so besteht wohl die Gleichung (VI) auch jetzt noch, aber dann sind, wie die so eben angeführten Werthe von X, Y und Z zeigen, die Durchschnittspuncte der Richtung dieser Resultante mit den drei coordinirten Ebenen alle unendlich weit von dem Anfangspuncte der Coordinaten entfernt, so daſs also die Annahme einer einzigen Resultante für diesen Fall unstatthaft wird. Sind aber die andern drei Gröſsen L, M und N jede für sich gleich Null, so wird auch dadurch der Gleichung (VI) genug gethan, oder die auf das System wirkenden Kräfte haben eine einzige Resultante, die, wie die Gleichungen (V) zeigen, zugleich durch den Anfangspunct der Coordinaten geht, weil die constanten Gröſsen dieser Gleichungen verschwinden.

C. Gleichgewicht des in einem Puncte festen Systems.

Das Vorhergehende bezieht sich bloſs auf die ganz *freie* Systeme körperlicher Puncte, d. h. auf solche, die durch keine äuſseren Nebenbedingungen beschränkt sind. Nehmen wir nun an, daſs das System in irgend einem seiner Puncte *fest* ist, und es sey zugleich dieser Punct der Anfangspunct der Coordinaten. Diese Voraussetzung hebt also jede progressive Bewegung des Systems sofort auf, so daſs also die drei Gleichungen (I), als überflüssig, ganz wegfallen, und nur noch die drei Gleichungen (II) bestehn, nämlich

$$L = 0, \quad M = 0 \text{ und } N = 0.$$

In der That kann ein in einem Puncte festes System nur noch eine um diesen Punct sich *drehende* Bewegung annehmen, und diese ist es, welche durch die drei letzten Gleichungen aufgehoben wird. Auch zeigen diese drei Gleichungen (nach dem, was in (B) gesagt worden ist), daſs in diesem Falle die auf das System wirkenden Kräfte P, P′, P″... immer eine einzige Resultante haben, deren Richtung durch den Anfangspunct, d. h. durch jenen festen Punct des Systems geht. Aber dieser feste Punct wird durch die Wirkungen jener Kräfte einen gewissen Druck R erfahren, dessen Gröſse

Digitized by Google

$$R = \sqrt{H^2 + I^2 + K^2}$$

l dessen Richtung wieder durch die drei Gleichungen (VIII) timmt werden wird. Ist dieser Druck R gleich Null, so ist erste Punct unnöthig, obschon nicht hinderlich, für das n stattfindende *freie* System.

1) Wenn für einen speciellen Fall alle Puncte des Syns, so wie alle Richtungen der Kräfte P, P′, P″ ... in ei- Ebene, z. B. in der Ebene der xz liegen, so hat man, da $= 90° - \alpha$ ist, bloſs die Gleichung $M = 0$ oder

$$\Sigma . P (z \,\text{Cos.}\, \alpha - x \,\text{Sin.}\, \alpha) = 0,$$

l der Druck R dieser Kräfte auf den festen Punct ist

$$R = \sqrt{(\Sigma . P \,\text{Cos.}\, \alpha)^2 + (\Sigma . P \,\text{Sin.}\, \alpha)^2},$$

l wenn A der Winkel der Richtung dieses Druckes mit der e der x ist, so hat man

$$\text{Sin.}\, A = \frac{\Sigma . P \,\text{Sin.}\, \alpha}{R} \text{ und } \text{Cos.}\, A = \frac{\Sigma . P \,\text{Cos.}\, \alpha}{R}.$$

gen überdieſs alle körperliche Puncte des Systems in einer aden Linie, für welche wir die Axe der x annehmen, so hat n $z = 0$, und daher für das Gleichgewicht des Systems die zige Bedingungsgleichung

$$\Sigma . P x \,\text{Sin.}\, \alpha = 0$$

d für den Druck in der Richtung der Axe der x den Ausıck

$$R = \Sigma . P \,\text{Cos.}\, \alpha .$$

2) Sind endlich die Richtungen der Kräfte alle der Axe r z parallel, übrigens diese Richtungen sowohl, als auch die rperlichen Puncte des Systems selbst in verschiedenen Eben oder überhaupt im Raume willkürlich vertheilt, so hat n, da $\gamma = 0$ und $\beta = \alpha = 90°$ ist, für das Gleichgewicht s Systems nur die zwei Bedingungsgleichungen

$$\Sigma . P x = 0 \text{ und } \Sigma . P y = 0,$$

d für den Druck

$$R = \Sigma . P = P + P' + P'' + \ldots$$

egen endlich diese der Axe der z parallelen Kräfte, so wie ch die körperlichen Puncte des Systems, alle in der Ebene r xz, so hat man bloſs die einzige Gleichung

Digitized by Google

$$\Sigma . P x = 0,$$

und für den Druck

$$R = \Sigma . P,$$

wie zuvor.

D. Gleichgewicht des in zwei Puncten festen Systems.

Wenn in dem gegebenen Systeme zwei Puncte fest sind, so wird dadurch erstens, wie in (C), alle progressive Bewegung des Systems aufgehoben, aber auch von den rotirenden Bewegungen kann jetzt nur noch diejenige bestehn, welche diejenige Gerade, die durch jene zwei Puncte geht, zu ihrer Rotationsaxe hat. Nimmt man also diese Rotationsaxe für die Axe der z, so werden in den Gleichungen (I) die Gröſsen H, I, K von selbst verschwinden, da das System, wie gesagt, keine progressive Bewegung mehr haben kann. Aber auch die Gröſsen M und N werden verschwinden, da, wegen der beiden festen Puncte, alle Rotation um die Axen der y und der x unmöglich geworden ist. Es bleibt daher als Bedingung des Gleichgewichts nur die einzige Gleichung

$$L = 0 \text{ oder } \Sigma . P (x \operatorname{Cos.} \beta - y \operatorname{Cos.} \alpha) = 0.$$

Hätte aber das System noch überdieſs die Freiheit, sich längs dieser Drehungsaxe der z auf und ab zu bewegen, so müſste, zur Herstellung des Gleichgewichts, auch noch die Summe der nach z zerlegten Seitenkräfte gleich Null seyn, oder man würde dann, für das Gleichgewicht die beiden Gleichungen haben

$$K = 0 \text{ und } L = 0.$$

Nehmen wir nun, zur bequemern Uebersicht, das Vorhergehende in seinen wesentlichsten Puncten kurz zusammen. Bei einem ganz freien Systeme von körperlichen Puncten, auf welche die Kräfte P, P′, P″ ... wirken, hat man für das Gleichgewicht der progressiven Bewegung die Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} H &= \Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha = 0 \\ I &= \Sigma . P \operatorname{Cos.} \beta = 0 \\ K &= \Sigma . P \operatorname{Cos.} \gamma = 0 \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \quad (I)$$

für das Gleichgewicht der rotatorischen Bewegung

$$\left.\begin{array}{l} L = \Sigma . P(x \,\mathrm{Cos}.\beta - y \,\mathrm{Cos}.\alpha) \\ M = \Sigma . P(z \,\mathrm{Cos}.\alpha - x \,\mathrm{Cos}.\gamma) \\ N = \Sigma . P(y \,\mathrm{Cos}.\gamma - z \,\mathrm{Cos}.\beta) \end{array}\right\} \ldots \quad (II)$$

ıt aber das System unter der Einwirkung dieser Kräfte ›′, P″... nicht im Gleichgewichte, so sey + R die Resul- e aller dieser Kräfte, also — R die dieser Resultante äqui- ente Kraft, welche den sämmtlichen Kräften P, P′, P″... Gleichgewicht hält, so daſs also dann das System unter Wirkung der Kräfte P P′, P″... und — R im Gleichge- hte seyn wird.

Wenn eine solche äquipollente Kraft — R in der That tirt, so muſs die Bedingungsgleichung

$$KL + IM + HN = 0 \ldots \quad (VI)$$

: haben, und dann hat man für die Gröſse dieser Aequi- ente

$$R = \sqrt{H^2 + I^2 + K^2} \ldots \quad (VII)$$

für die Richtung derselben, oder für die Winkel A, B, C, che diese Richtung mit den Axen der drei Coordinaten der y, z bildet,

$$\left.\begin{array}{l} \mathrm{Cos}.\,A = \frac{H}{R} \\ \mathrm{Cos}.\,B = \frac{I}{R} \\ \mathrm{Cos}.\,C = \frac{K}{R} \end{array}\right\} \ldots \quad (VIII)$$

›ei also immer, wie in den obigen Gleichungen (I), $= \Sigma . P \,\mathrm{Cos}.\alpha$, $I = \Sigma . P \,\mathrm{Cos}.\beta$ und $K = \Sigma . P \,\mathrm{Cos}.\gamma$ ist. Da- ·h ist also die *Gröſse* und die *Richtung* der gesuchten Ae- pollente — R gegeben. Um endlich auch den Ort dieser htung oder den Ort der geraden, diese Richtung bezeich- den Linie zu finden, hat man die obigen Gleichungen (V), ılich

$$\left.\begin{array}{l} HY - IX + L = 0 \\ KX - HZ + M = 0 \\ IZ - KY + N = 0 \end{array}\right\} \ldots \quad (V)$$

Digitized by Google

oder, was dasselbe ist, wenn man die Werthe von H, I und K aus den letzten Gleichungen (VIII) substituirt,

$$\left.\begin{array}{l} R(Y\,Cos.\,A - X\,Cos.\,B) + L = 0 \\ R(X\,Cos.\,C - Z\,Cos.\,A) + M = 0 \\ R(Z\,Cos.\,B - Y\,Cos.\,C) + N = 0 \end{array}\right\} \quad \ldots \quad (V)$$

Setzt man nämlich in diesen Gleichungen (V) z. B. die Gröſse $Z = 0$, so findet man die zwei Coordinaten X und Y desjenigen Puncts dieser geraden Linie, in welchen sie die Ebene der xy schneidet, und so fort für die beiden andern coordinirten Ebenen.

Ist aber das System nicht frei, sondern in *einem* seiner Puncte fest, so hat man, wenn man diesen Punct zum Anfangspunct der Coordinaten wählt, für das Gleichgewicht des Systems bloſs die drei Gleichungen (II), nämlich

$$L = 0, \quad M = 0 \text{ und } N = 0 \quad \ldots \quad (IX)$$

Für den Druck R auf den festen Punct hat man noch die Gleichung (VII)

$$R = \sqrt{H^2 + I^2 + K^2} \quad \ldots \quad (X)$$

und die Richtung dieses Drucks wird durch die drei Gleichungen (VIII) gegeben.

Ist endlich das System in *zwei* Puncten fest, und nimmt man die Gerade durch diese zwei Puncte für die Axe der z, die also zugleich die einzig mögliche Rotationsaxe des Systems ist, so bleibt von den sechs Gleichungen (I) und (II) bloſs die vierte übrig, oder die Bedingungsgleichung des Gleichgewichts ist

$$L = \Sigma_{\iota} P(x\,Cos.\,\beta - y\,Cos.\,\alpha) = 0 \quad \ldots \quad (XI)$$

Liegen die beiden festen Puncte in der Axe der y, so hat man für das Gleichgewicht die einzige Gleichung $L = 0$, und wenn endlich die Rotationsaxe in die Axe der x fällt, so hat man die einzige Gleichung $N = 0$.

Die vorhergehenden Ausdrücke werden uns nun in den Stand setzen, das wichtige Problem von dem *gebrochenen Hebel* auf eine viel allgemeinere Weise, als im Eingange dieses Artikels mit bloſsen Elementarbegriffen geschehn konnte, zu betrachten.

Digitized by Google

E. Winkelhebel

der Gestalt eines körperlichen Gitters, unter willkürlichen Kräften.

Denken wir uns ein Gitter von unbiegsamen Drähten ge-
hten, z. B. in der Gestalt einer abgestumpften vierseitigen
amide A C $\beta\delta$. In den Durchkreuzungspuncten A, B, C... Fig.
›, c... α, β, γ... der Drahtstäbe seyen die körperlichen 234.
ıcte des hier zu betrachtenden Systems befestigt. Auf den
en dieser Durchkreuzungspuncte A sey die Kraft AP = P
ebracht, und zwar in einer Richtung AP, die mit den Axen
ζ, OY, OZ der Coordinaten die Winkel α, β, γ bildet.
: drei diesen Axen parallelen Coordinaten dieses ersten Pun-
; seyen OM = x, MN = y und NA = z. Ebenso wirke auf
en zweiten Punct B des Gitters die Kraft BP′ = P′ unter
Richtung BP′, die mit jenen Axen die Winkel α', β', γ'
let, und der Ort B dieses Punctes werde durch die drei
krechten Coordinaten OM′ = x′, M′N′ = y′ und N′B = z′
timmt; für einen dritten Punct C seyen dieselben Gröſsen
, α'', β'', γ'' und x″, y″, z″, und so fort für alle übri-
ı Puncte des erwähnten Gitters. Werden nun die Draht-
be des Gitters, wie gesagt, als unbiegsam und unausdehn-
: angesehn, so daſs die einzelnen körperlichen Puncte des
stems immer dieselbe Entfernung unter einander behalten sol-
ı, so geben die letzten Gleichungen des vorhergehenden Ab-
ınittes (D) die Auflösung der verschiedenen Probleme, die
ın über das Gleichgewicht eines solchen körperlichen Sy-
ms unter der Einwirkung der genannten Kräfte aufstellen
ın.

Nehmen wir an, daſs die Richtungen aller dieser Kräfte
P′, P″... mit der coordinirten Ebene der xz parallel sind,
ihrend übrigens jede dieser Richtungen einen willkürlichen
'inkel mit der Axe der x oder der z bildet. Für diesen
ch immer sehr allgemeinen Fall sind also die Körper des
stems nach allen Seiten im Raume vertheilt und jeder der-
lben wird, in Beziehung auf seinen Ort im Raume, durch
e drei senkrechten Coordinaten x, y, z oder x′, y′, z′ oder
, y″, z″ u. s. w. bestimmt; auf diese Körper wirken
räfte P, P′, P″ . . ., deren Richtungen zwar in verschiedenen

Digitized by Google

Ebenen, jedoch so liegen, daſs alle diese Ebenen jener der xz parallel sind. Unter dieser Voraussetzung sind also in den vorhergehenden allgemeinen Ausdrücken alle Winkel β gleich 90° und alle $\gamma = 90° - \alpha$ zu setzen, und es entstehn nun folgende Probleme.

Wenn dieses System bloſs den erwähnten Kräften überlassen und frei in den Raum hingestellt wird, so wird dasselbe, in Folge der Einwirkung dieser Kräfte, nur dann im Gleichgewichte oder auf der ihm angewiesenen Stelle in Ruhe verbleiben, wenn folgende Gleichungen (die obigen 6 Gleichungen (I) und (II), die sich hier auf 5 reduciren) statt haben:

$$H = \Sigma . P \, Cos. \alpha = 0, \quad L = - \Sigma . P y \, Cos. \alpha = 0$$
$$K = \Sigma . P \, Sin. \alpha = 0, \quad N = + \Sigma . P y \, Sin. \alpha = 0$$
$$M = \Sigma . P (z \, Cos. \alpha - x \, Sin. \alpha) = 0 .$$

Wenn aber dieses System in Folge der auf dasselbe einwirkenden Kräfte nicht im Gleichgewichte steht, so wird man doch vielleicht in einem gewissen Puncte dieses Systems eine Resultante $+ R$ unter einer bestimmten Richtung anbringen, die allen jenen Kräften $P, P', P'' \ldots$ das Gleichgewicht hält, so das also das System unter der Einwirkung der Kräfte

$$P, P', P'' \ldots \text{ und } - R$$

im Gleichgewichte seyn wird. Eine solche Resultante ist aber nur dann möglich, wenn die obige Gleichung (VI), das heiſst, da hier $I = 0$ ist, wenn die Gleichung

$$\frac{\Sigma . P \, Sin. \alpha}{\Sigma . P \, Cos. \alpha} = \frac{\Sigma . P y \, Sin. \alpha}{\Sigma . P y \, Cos. \alpha}$$

statt findet. Ist dieses der Fall, so ist die Gröſse R dieser Resultante (man s. Gleichung VII.)

$$R = \sqrt{(\Sigma . P \, Cos. \alpha)^2 + (\Sigma . P \, Sin. \alpha)^2}$$

und die Lage dieser mittleren Kraft wird nach den Gleichungen (VIII) durch die Ausdrücke gegeben:

$$Sin. A = \frac{\Sigma . P \, Sin. \alpha}{R} \text{ oder } Cos. A = \frac{\Sigma . P \, Cos. \alpha}{R},$$

wo A und 90° — A der Winkel ist, den diese Resultante mit der Axe der x und der y bildet.

Digitized by Google

Um endlich noch die drei Coordinaten X, Y und Z ir-
ıd eines in der Richtung dieser Resultante liegenden Punctes finden, so hat man vermöge der Gleichungen (V)

$$\Sigma . P y \,Cos. \alpha - R Y \,Cos. A = 0,$$
$$\Sigma . P y \,Sin. \alpha - R Y \,Sin. A = 0,$$
$$\Sigma . P (z \,Cos. \alpha - x \,Sin. \alpha) - R (Z \,Cos. A - X \,Sin A) = 0.$$

zt man z. B. in diesen drei Gleichungen die Gröſse Z = 0, erhält man die beiden Coordinaten X und Y desjenigen nctes, in welchem die Richtung jener Resultante die coordi-te Ebene der xy schneidet.

Alles Vorhergehende gilt, wie gesagt, für ein ganz freies stem von Körpern, auf die nämlich keine andere äuſsere aft (als die erwähnten P, P′, P″...) und auch sonst kein ſseres Hinderniſs einwirkt. Nehmen wir aber jetzt an, daſs s System in irgend einem seiner Puncte *fest* ist, so daſs also durch seine frühere freie progressive Bewegung im Raume nz verloren geht, und daſs auch seine frühere freie rotatori-he Bewegung jetzt bloſs auf eine Rotation um diesen festen ınct beschränkt wird. Nimmt man diesen festen Punct, der öſsern Einfachheit wegen, ohne dadurch die Allgemeinheit r Aufgabe zu beschränken, zugleich für den Anfangspunct r Coordinaten, so erhält man (nach den Gleichungen IX d X)

$$\left.\begin{array}{l} \Sigma . P y \,Cos. \alpha = 0 \\ \Sigma . P y \,Sin. \alpha = 0 \\ \Sigma . P (z \,Cos. \alpha - x \,Sin. \alpha) = 0 \end{array}\right\}.$$

endlich das System in zwei Puncten fest, und nimmt man se zwei Puncte in der Axe der x, die demnach zugleich einzig mögliche Drehungsaxe des Systems ist, so hat man leichung XI) für das Gleichgewicht die einzige Gleichung

$$\Sigma . P y \,Sin. \alpha = 0.$$

llt die Rotationsaxe in die Axe der z, so wird diese Glei-ung

$$\Sigma . P y \,Cos. \alpha = 0,$$

d wenn sie in die Axe der y fällt,

$$\Sigma . P (z \,Cos. \alpha - x \,Sin. \alpha) = 0.$$

Digitized by Google

F. Winkelhebel

in der Gestalt eines körperlichen Gitters, unter der Einwirkung der Schwere.

Lassen wir nun auf dasselbe System körperlicher Puncte,
Fig. 234. die wie z. B. in der Zeichnung im Raume willkürlich vertheilt sind, bloſs die *Schwere* als eine constante Kraft nach der senkrechten Richtung der Axe der z einwirken, so wird man in den Gleichungen (I) und (II) alle Winkel α und β gleich 90 Graden, und alle Winkel γ gleich Null setzen, so daſs daher jene sechs Gleichungen in die folgenden drei übergehn:

$$\left.\begin{array}{l} K = 0 \\ M = 0 \\ N = 0 \end{array}\right\},$$

die jetzt folgende Gestalt annehmen:

$$\left.\begin{array}{l} K = 0 \text{ oder } \Sigma.P = 0 \\ M = 0 \text{ oder } \Sigma.Px = 0 \\ N = 0 \text{ oder } \Sigma.Py = 0 \end{array}\right\}.$$

Wenn also diese drei Gleichungen statt haben, so wird das System der körperlichen Puncte, wo man es auch immer im freien Raume der Wirkung der Schwere aussetzt, im Gleichgewicht oder in Ruhe bleiben, ohne weder eine progressive, noch eine rotatorische Bewegung anzunehmen. Es versteht sich dabei von selbst, daſs wenigstens einer dieser Puncte von der Schwere aufwärts, über die horizontale Ebene der xy hinauf gezogen werde (was z. B. mittelst einer über eine Rolle gehenden und mit einem Gewichte beschwerten Schnur geschehn kann), während die übrigen Puncte abwärts, unter die Ebene xy, gezogen werden. Man wird sich nämlich die verschiedenen Puncte des Systems mit verschiedenen Gewichten beschwert denken, von denen alle diejenigen, welche ihren Punct abwärts ziehn, positiv und die, welche ihn über die Ebene der xy zu erheben suchen, negativ genommen werden müssen.

Steht aber das System unter der Wirkung dieser Gewichte nicht im Gleichgewicht, so muſs zuerst untersucht werden, ob sich alle diese Kräfte oder Gewichte auf ein einziges, ihnen

ıipollentes R reduciren lassen, das heiſst, ob die Gleichung I) besteht. Da aber für unseren Fall $\alpha = \alpha' = \alpha'' \ldots = 90^\circ$ d ebenso $\beta = \beta' = \beta'' \ldots = 90^\circ$ und endlich $\gamma = \gamma' = \gamma'' \ldots$ Null ist, so verschwinden die drei Zeichen H, I und L n selbst, und die Bedingungsgleichung (VI) hat daher statt. giebt also eine solche Aequipollente R, und die Gröſse der-ben wird durch die Gleichung (VII) oder durch

$$R = \Sigma . P$$

;eben. Damit geben aber die Gleichungen (VIII), da H = I Null und $K = \Sigma . P$ oder $K = R$ ist,

$$A = B = 90^\circ$$

d

$$C = 0,$$

ıdurch also die *Richtung* dieser Aequipollente bestimmt wird. ın sieht, daſs diese Richtung ebenfalls mit der Axe der z, e die Richtungen aller übrigen Kräfte, parallel ist. Für den ·t dieser Aequipollente endlich hat man (nach den Gleichun-n V)

$$X = \frac{\Sigma . P x}{R},$$

$$Y = \frac{\Sigma . P y}{R}.$$

das System unter der Wirkung der Kräfte P, P', P''... einem Puncte, dem Anfangspuncte der Coordinaten fest, so ben die Gleichungen (IX) und (X) $R = \Sigma . P$ für den Druck f diesen Punct, und für das Gleichgewicht um diesen ınct

$$\left.\begin{array}{l} \Sigma . P x = 0 \\ \Sigma . P y = 0 \end{array}\right\}.$$

ıd aber zwei Puncte in der Axe der x fest, so hat man ch der Gleichung (XI) für das Gleichgewicht die einzige Glei-ung

$$\Sigma . P y = 0.$$

ırch diese letzten Ausdrücke wird also z. B. das Gleichge-cht eines ebenen Tisches gefunden, der an verschiedenen ıcten mit gegebenen Gewichten P, P', P''... beschwert ist, : alle in einer auf den Tisch senkrechten Richtung densel-n zu bewegen streben, wo der Tisch, der selbst hier ohne

Digitized by Google

Schwere angenommen wird, die Ebene der xy vorstellt, während auf ihn jene Gewichte in der Richtung der z wirken, wo also x, y im Horizonte liegen und z die auf den Horizont verticale Richtung bezeichnet. Da aber der Angriffspunct jeder Kraft bekanntlich in jedem Puncte der Richtung dieser Kraft angebracht werden kann, so können auch diese Gewichte auſserhalb jenes Tisches, über und unter demselben, angebracht werden, ohne daſs dadurch die obigen Ausdrücke eine Aenderung erleiden, da sie, wie man sieht, von der dritten Ordinate z ganz unabhängig sind. Diese Formeln gelten also auch für ein System von Körpern, die auf irgend eine Weise, wie z. B. in der Figur 233, im freien Raume vertheilt sind, wenn nur die an diese Körper angebrachten Richtungen alle der Axe der z parallel sind, so daſs also z. B. die Richtung der auf A gerichteten Kraft nicht mehr, wie zuvor, in AP, sondern in AN, und die Richtung der auf B angebrachten Kraft nicht mehr in BP′, sondern in BN′ liegt u. s. w.

Fig. 234.

In diesem Abschnitte ist daher die wichtige Aufgabe von dem gebrochenen Hebel auf eine sehr allgemeine Weise aufgelöst worden. Zur Erläuterung der gegebenen Formeln wollen wir noch folgendes einfache Beispiel hinzufügen.

Seyen die Coordinaten der Puncte x und y eines horizontalen Tisches, auf welche die Gewichte P, P′ ... in verticalen Richtungen wirken, nach der Ordnung

Punct	I	II	III	IV
	$x=1$	$x'=2$	$x''=3$	$x'''=4$
	$y=1$	$y'=-2$	$y''=3$	$y'''=-4$
	$P=1$ Pfund	$P'=2$	$P''=3$	$P'''=4$.

Da der Tisch unter der Wirkung dieser vier Gewichte nicht im Gleichgewichte stehn kann, wie denn auch keiner einzigen der drei vorhergehenden Gleichungen

$$\Sigma.P=0;\quad \Sigma.Px=0;\quad \Sigma.Py=0$$

Genüge geschieht, so hat man die Gröſse, die Richtung und den Ort der Aequipollente R zu suchen, welche jenen vier Gewichten zusammen das Gleichgewicht hält.

Es ist aber

Digitized by Google

$$\Sigma . P = R = 10$$
$$\Sigma . Px = 1 + 4 + 9 + 16 = 30$$
$$\Sigma . Py = 1 - 4 + 9 - 16 = -10,$$

daſs man also für die Gröſse der Aequipollente $R' = -10$, ıd für den Ort derselben in der Ebene des Tisches

$$X = \frac{30}{10} = 3,$$

$$Y = -\frac{10}{10} = -1$$

ıt. Die Richtung der Aequipollente aber ist, da $A = B = 90°$ ıd $C = 0$ ist, ebenfalls senkrecht auf die Ebene des Tisches. Es ird daher diese Ebene unter der Wirkung der fünf angezeig-n, in den gegebenen Puncten angebrachten Gewichte

$P = 1$, $P = 2$, $P = 3$, $P = 4$ und $R = -10$ Pfunde

jedem Orte des freien Raums, wo dieses System hingestellt ird, im Gleichgewichte schweben. In der That werden auch ırch diese fünf Gewichte die obigen drei Gleichungen des eien Gleichgewichts gehörig dargestellt, indem man hat

$$\Sigma . P = 1 + 2 + 3 + 4 - 10 = 0$$
$$\Sigma . Px = 1 + 4 + 9 + 16 - 30 = 0$$
$$\Sigma . Py = 1 - 4 + 9 - 16 + 10 = 0,$$

ie es seyn soll.

Dieser gebrochene Hebel läſst sich durch eine Figur dar- Fig.
ellen, worin $AB = x$, $BC = y$ die zwei horizontalen und 235.
$p = z$ die verticale Coordinate des Körpers p, die Linie Pp e Gröſse und Richtung der Kraft P vorstellt, und ebenso mit :n andern Gröſsen $AB' = x'$, $B'C' = y'$, $Cp' = z'$, $P'p' = P'$. s. w., so daſs die vier ersten Kräfte Pp, $P'p'$, $P''p''$ und $'''p'''$ die Körper abwärts oder zu der horizontalen Ebene der oordinaten x und y hinziehn, während die fünfte Kraft oder ie Aequipollente Rr diese Ebene aufwärts zu bewegen strebt ıd dadurch das ganze System im Gleichgewichte hält. Ganz ›enso hält aber auch jede einzelne dieser Kräfte, z. B. die .raft $P' = P'p'$, die auf den Punct C' des ebenen Tisches irkt, die vier übrigen Kräfte im Gleichgewicht, oder P' kann ›enso als die Aequipollente von den vier Kräften P', P'', P''' ıd R angesehn werden u. s. f.

G. Winkelhebel

in der Gestalt eines ebenen Netzes unter Kräften deren Richtungen einer gegebenen Ebene parallel sind.

Nehmen wir an, daſs alle körperliche Puncte des Systems in einer ebenen Tafel, in der Ebene der x y, liegen und daſs die übrigens willkürlichen Richtungen der auf jene Körper wirkenden Kräfte wieder der Ebene der x z parallel sind. Dieses ist z. B. der Fall, wenn ein horizontaler Tisch ABCD, der selbst ohne Schwere gedacht wird, in den gegebenen Puncten A, B...... E, F...... mit verschiedenen Gewichten belegt wird, deren Gröſse und Richtung durch die Linien Aa = P, Bb = P', Cc = P''...... ausgedrückt wird, wo diese Linien gegebene Winkel unter sich bilden, jedoch alle der coordinirten Ebene der x z parallel sind. Da hier wieder alle β gleich 90° und alle $\gamma = 90° - \alpha$, überdieſs alle z gleich Null sind, so hat man für das Gleichgewicht eines ganz freien Systems die fünf Gleichungen:

Fig. 236.

$$\Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha = 0 \qquad \Sigma . P x \operatorname{Sin.} \alpha = 0$$
$$\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha = 0 \qquad \Sigma . P y \operatorname{Sin.} \alpha = 0$$
$$\Sigma . P y \operatorname{Cos.} \alpha = 0 .$$

Ist aber das System unter der Wirkung dieser Kräfte P, P', P''... nicht im Gleichgewichte, so wird es doch eine einzige Resultante haben, wenn die Gleichung besteht

$$\frac{\Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha}{\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha} = \frac{\Sigma . P y \operatorname{Cos.} \alpha}{\Sigma . P y \operatorname{Sin.} \alpha} .$$

Sind dann A und 90° — A die Winkel der Richtung dieser Resultante, und bezeichnet man durch R die Gröſse, so wie durch X und Y die Coordinaten irgend eines Punctes derselben, so hat man

$$R = \sqrt{(\Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha)^2 + (\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha)^2}$$

und

$$\operatorname{Sin.} A = \frac{\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha}{R}, \quad \operatorname{Cos.} A = \frac{\Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha}{R},$$

und endlich

$$X = \frac{\Sigma . P x \operatorname{Sin.} \alpha}{\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha}, \quad Y = \frac{\Sigma . P y \operatorname{Sin.} \alpha}{\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha} .$$

Digitized by Google

e aber das System in dem Anfangspuncte der Coordinaten so hat man für das Gleichgewicht des Systems bloſs die Gleichungen

$$\Sigma.\mathrm{P}\,y\ \mathrm{Cos.}\,\alpha = 0$$
$$\Sigma.\mathrm{P}\,y\ \mathrm{Sin.}\,\alpha = 0$$
$$\Sigma.\mathrm{P}\,x\ \mathrm{Sin.}\,\alpha = 0.$$

s endlich in zwei Puncten fest und liegen diese Puncte er Axe der x, so hat man für das Gleichgewicht bloſs die ge Gleichung

$$\Sigma.\mathrm{P}\,y\ \mathrm{Sin.}\,\alpha = 0.$$

H. Winkelhebel,

die Körper und die Richtungen der auf sie wirkenden Kräfte alle in derselben Ebene liegen.

Nehmen wir dafür die Ebene der xz, also z. B. eine senkte Tafel an (wo x horizontal und z vertical ist). Für die-Fall wird man in den vorhergehenden allgemeinen Glei-gen (Abschnitt D zu Ende) die Gröſsen $\beta = 90°$, $\gamma = 90° - \alpha$ überdieſs $y = 0$ setzen, so daſs man daher für die Bedin-en des Gleichgewichts eines solchen freien Systems die drei hungen erhält:

$$\Sigma.\mathrm{P}\ \mathrm{Cos.}\,\alpha = 0$$
$$\Sigma.\mathrm{P}\ \mathrm{Sin.}\,\alpha = 0$$
$$\Sigma.\mathrm{P}\,(z\,\mathrm{Cos.}\,\alpha - x\,\mathrm{Sin.}\,\alpha) = 0,$$

lann die einzelnen Richtungen der Kräfte alle in der Ebene z liegen, aber mit der Axe der x oder der z verschiedene kel bilden. Dieses Problem enthält die Theorie des Winbels, wie er bisher in seiner allgemeineren Bedeutung genen zu werden pflegte. Man denkt sich nämlich die körhen Puncte A, A', A''... durch mehrere gerade, unbieg- Fig. 237. Linien AA', A'A'', A''A'''... unter einander verbunden uf diese Körper die Kräfte AP = P, A'P' = P', A''P'' = P''... n durch die Figur angezeigten Richtungen wirkend. Ferezeichnen OX und OZ die Coordinatenaxen der x und der einzelnen Körper, und man zählt die Winkel der erichtungen alle nach einer Seite, so daſs also der Winkel

Digitized by Google

$BaA = \alpha$, $360^\circ - B'a'A' = \alpha'$, $180^\circ - B''a''A'' = \alpha''$ und $180^\circ + B'''a'''A''' = \alpha'''$ ist u. s. w., wo dann alle Kräfte $P, P', P'' \ldots$ für sich als positiv angenommen werden.

Ist nun dieses System unter der Wirkung der Kräfte $P, P', P'' \ldots$ nicht im Gleichgewichte, so hat man, wenn man noch die diesen Kräften äquipollente Kraft — R einführt, für das Gleichgewicht unter der Wirkung der Kräfte $P, P', P'' \ldots$ und R folgende Gleichungen:

$$\Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha - R \operatorname{Cos.} A = 0$$
$$\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha - R \operatorname{Sin.} A = 0$$
$$\Sigma . P (z \operatorname{Cos.} \alpha - x \operatorname{Sin.} \alpha) - R (Z \operatorname{Cos.} A - X \operatorname{Sin.} A) = 0.$$

Die beiden ersten dieser Gleichungen geben für die Größe dieser Aequipollente

$$R^2 = (\Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha)^2 + (\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha)^2$$

und für die Richtung derselben

$$\operatorname{Cos.} A = \frac{\Sigma . P \operatorname{Cos.} \alpha}{R} \text{ und } \operatorname{Sin.} A = \frac{\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha}{R}.$$

Endlich giebt die letzte jener drei Gleichungen, wenn man in ihr $Z = 0$ setzt,

$$X = - \frac{\Sigma . P (z \operatorname{Cos.} \alpha - x \operatorname{Sin.} \alpha)}{\Sigma . P \operatorname{Sin.} \alpha}.$$

für den Punct, in welchem die Resultante die Axe der x schneidet.

I. Geradliniger Hebel

in seiner allgemeinsten Bedeutung.

Aus den oben (Abschnitt D) gegebenen Ausdrücken für den Winkelhebel folgen nun auch sofort die für den geradlinigen Hebel in seiner allgemeinsten Bedeutung, d. h. für ein System von körperlichen Puncten, die alle in einer *einzigen* geraden Linie liegen, auf deren jeden aber gegebene Kräfte nach willkürlichen Richtungen im Raume wirken.

Fig. 238. Seyen A, A', A''... die körperlichen Puncte in der Axe der x. Auf den ersten A dieser Puncte wirke die Kraft AP in einer Richtung AP, die mit den drei Axen der x, y, z die Winkel α, β, γ bildet; für den zweiten Punct A' seyen die

el der Kraft $A'P' = P'$ in derselben Ordnung α', β', γ' o fort für die übrigen. Für diesen Fall wird man in den ıeinen Gleichungen bloſs die Gröſsen y und z gleich Null ı, wodurch man also für das Gleichgewicht des freien ns die fünf Gleichungen erhält

$$\Sigma . P \, \text{Cos}.\alpha = 0$$
$$\Sigma . P \, \text{Cos}.\beta = 0$$
$$\Sigma . P \, \text{Cos}.\gamma = 0$$
$$\Sigma . P x \, \text{Cos}.\beta = 0$$
$$\Sigma . P x \, \text{Cos}.\gamma = 0 ,$$

A = x, OA' = x', OA'' = x'' u. ſ. ist.

Iat aber zwischen diesen Kräften kein Gleichgewicht statt, rd das System nur dann eine einzige Resultante haben, wenn da N = 0 ist, hat

$$KL + IM = 0,$$

wenn man hat

$$P \, \text{Cos}.\gamma . \Sigma . P x \, \text{Cos}.\beta - \Sigma . P \, \text{Cos}.\beta . \Sigma . P x \, \text{Cos}.\gamma = 0,$$

dann hat man für die Gröſse und Richtung dieser Resul-

$$R^2 = (\Sigma . P \, \text{Cos}.\alpha)^2 + (\Sigma . P \, \text{Cos}.\beta)^2 + (\Sigma . P \, \text{Cos}.\gamma)^2$$

$$A = \frac{\Sigma . P \, \text{Cos}.\alpha}{R}, \quad \text{Cos}.B = \frac{\Sigma . P \, \text{Cos}.\beta}{R}, \quad \text{Cos}.C = \frac{\Sigma . P \, \text{Cos}.\gamma}{R}$$

ndlich für den Ort derselben

$$X = \frac{\Sigma . P x \, \text{Cos}.\gamma}{\Sigma . P \, \text{Cos}.\gamma}.$$

er der Hebel im Anfangspuncte der Coordinaten fest, so ıan für das Gleichgewicht nur die zwei Gleichungen L = 0 M = 0 oder, was dasselbe ist,

$$\Sigma . P x \, \text{Cos}.\beta = 0 \text{ und } \Sigma . P x \, \text{Cos}.\gamma = 0 .$$

Ein besonderer, bemerkenswerther Fall dieses Problems ist wenn die Richtungen der im Raume vertheilten Kräfte uf dem geradlinigen Hebel OX senkrecht stehn. Dann ist ch jedes $\alpha = 90°$ und jedes $\gamma = 90° - \beta$, so daſs man für diesen Fall das Gleichgewicht des freien Systems folgende Gleichungen ausdrücken wird:

Digitized by Google

$$\Sigma . \mathrm{P} \; \mathrm{Cos}.\beta = 0 \qquad \Sigma . \mathrm{P} \; \mathrm{Sin}.\beta = 0$$
$$\Sigma . \mathrm{P} x \, \mathrm{Cos}.\beta = 0 \qquad \Sigma . \mathrm{P} x \, \mathrm{Sin}.\beta = 0.$$

Erhalten aber diese Kräfte das System nicht im Gleichgewichte, so muſs für die Existenz einer Resultante die Bedingungsgleichung statt haben

$$\frac{\Sigma . \mathrm{P} x \, \mathrm{Sin}.\beta}{\Sigma . \mathrm{P} x \, \mathrm{Cos}.\beta} = \frac{\Sigma . \mathrm{P} \, \mathrm{Sin}.\beta}{\Sigma . \mathrm{P} \, \mathrm{Cos}.\beta},$$

und dann hat man für diese Resultante

$$\mathrm{R}^2 = (\Sigma . \mathrm{P} \, \mathrm{Cos}.\beta)^2 + (\Sigma . \mathrm{P} \, \mathrm{Sin}.\beta)^2,$$

$$\mathrm{Sin}.\mathrm{B} = \frac{\Sigma . \mathrm{P} \, \mathrm{Sin}.\beta}{\mathrm{R}} \text{ und } \mathrm{Cos}.\mathrm{B} = \frac{\Sigma . \mathrm{P} \, \mathrm{Cos}.\beta}{\mathrm{R}},$$

und endlich

$$\mathrm{X} = \frac{\Sigma . \mathrm{P} x \, \mathrm{Sin}.\beta}{\Sigma . \mathrm{P} \, \mathrm{Sin}.\beta} \text{ oder auch } \mathrm{X} = \frac{\Sigma . \mathrm{P} x \, \mathrm{Cos}.\beta}{\Sigma . \mathrm{P} \, \mathrm{Cos}.\beta}.$$

Für ein im Anfangspuncte O festes System hat man bloſs die zwei Gleichungen

$$\Sigma . \mathrm{P} x \; \mathrm{Cos}.\beta = 0 \text{ und } \Sigma . \mathrm{P} x \, \mathrm{Sin}.\beta = 0.$$

Sind endlich für den geradlinigen Hebel die Richtungen der Kräfte alle in einer Ebene, die durch diese gerade Linie geht, so kann man diese Gerade für die Axe der x und diese Ebene für die coordinirte Ebene der xz annehmen, wie dieses durch die Figur ausgedrückt wird. Ist
Fig. 239. nämlich $\mathrm{MA} = -x$, $\mathrm{MA}' = x'$, $\mathrm{MA}'' = x''$ ... und der Winkel $\mathrm{MAP} = 180° - \alpha$, $\mathrm{MA'P'} = 360° - \alpha'$, $\mathrm{MA''P''} = \alpha''$ u. s. w., so wird man für diesen speciellen Fall in den vorhergehenden allgemeinen Gleichungen $y = z = 0$ und $\beta = 90°$, so wie $\gamma = 90° - \alpha$ setzen, wodurch man für das Gleichgewicht des freien Systems erhält

$$\left.\begin{array}{r} \Sigma . \mathrm{P} \, \mathrm{Cos}.\alpha = 0 \\ \Sigma . \mathrm{P} \, \mathrm{Sin}.\alpha = 0 \\ \Sigma . \mathrm{P} x \, \mathrm{Sin}.\alpha = 0 \end{array}\right\} \ldots \quad (1)$$

Ist der Hebel unter der Wirkung dieser Kräfte nicht im Gleichgewichte, so wird doch, da hier die Gröſsen I, L und N, jede für sich, gleich Null sind, immer eine Resultante bestehen, und ihre Gröſse und Richtung wird durch die Gleichungen bestimmt werden:

$$\left.\begin{aligned} R^2 &= (\Sigma . P \operatorname{Cos}. \alpha)^2 + (\Sigma . P \operatorname{Sin}. \alpha)^2 \\ \operatorname{Sin}. A &= \frac{\Sigma . P \operatorname{Sin}. \alpha}{R}; \operatorname{Cos}. \alpha = \frac{\Sigma . P \operatorname{Cos}. \alpha}{R} \end{aligned}\right\} \ldots \quad (2)$$

r den Ort dieser Resultante aber hat man aus den Glei- ıngen (V) des Abschnitts (D)

$$X = -\frac{M}{K} = \frac{\Sigma . P x \operatorname{Sin}. \alpha}{\Sigma . P \operatorname{Sin}. \alpha} \ldots \quad (3)$$

d

$$Z = \frac{M}{H} = -\frac{\Sigma . P x \operatorname{Sin}. \alpha}{\Sigma . P \operatorname{Cos}. \alpha} \ldots \quad (4)$$

n auf diese Ausdrücke ein numerisches Beispiel anzuwenden, ʳ, übereinstimmend mit der Zeichnung der letzten Figur, $= -2$, $x' = +3$ und $x'' = +4$. Die auf diese Puncte rkenden Kräfte seyen $P = 10$ Pfund, $P' = 20$ und $P'' = 30$. ıdlich nehme man für die Richtungen dieser Kräfte mit der ɔscissenaxe $\alpha = 40^\circ$, $\alpha' = 300^\circ$ und $\alpha'' = 120^\circ$. Da diese ei Kräfte den freien Hebel nicht im Gleichgewichte halten, suche man ihre Resultante R oder vielmehr ihre Aequipol- ıte $R' = -R$, die in Verbindung mit jenen drei Kräften P, P′, P″ s Gleichgewicht des Hebels giebt. Es ist aber

$$\begin{aligned} P \operatorname{Cos}. \alpha &= 7{,}66 & P \operatorname{Sin}. \alpha &= 6{,}43 \\ P' \operatorname{Cos}. \alpha' &= 10{,}00 & P' \operatorname{Sin}. \alpha' &= -17{,}32 \\ P'' \operatorname{Cos}. \alpha'' &= -15{,}00 & P'' \operatorname{Sin}. \alpha'' &= 25{,}98, \end{aligned}$$

ıo ist auch

$$\Sigma . P \operatorname{Cos}. \alpha = 2{,}66 \text{ und } \Sigma . P \operatorname{Sin}. \alpha = 15{,}09.$$

eses vorausgesetzt geben die vorhergehenden Gleichungen für : Resultante

$$R^2 = (2{,}66)^2 + (15{,}09)^2 = 234{,}7837$$

er

$$R = 15{,}3227, \text{ und daher auch } A = 80^\circ\, 0'\, 10'',$$

ɔ dann die Aequipollente $R' = -15{,}3227$ seyn wird. Man nn aber auch, wie bisher, alle Kräfte P, P′, P″ und R′ po- iv annehmen, wenn man nur dafür den vorigen Winkel A ı 180° vermehrt, so daſs man also für die gesuchte Aequi- llente haben wird

$$R' = 15{,}3227 \text{ und } A = 260^\circ\, 0'\, 10''.$$

der Figur ist $Rr = R'$ und $A = 360^\circ - MrR$.

Um endlich noch die Durchschnittspuncte der Aequipollent mit den Axen der x und z zu finden, hat man

$$\begin{aligned} P\,x\,\text{Sin.}\,\alpha &= -\ 12{,}86 \\ P'\,x'\,\text{Sin.}\,\alpha' &= -\ 51{,}96 \\ P''\,x''\,\text{Sin.}\,\alpha'' &= +\ 103{,}92 \\ \Sigma.\,P\,x\,\text{Sin.}\,\alpha &= \ \ 39{,}10, \end{aligned}$$

woraus folgt

$$X = \frac{39{,}10}{15{,}09} = 2{,}591 = M\,r$$

und

$$Z = -\frac{39{,}10}{2{,}66} = -14{,}70.$$

Um zu sehn, ob zwischen diesen vier Kräften P, P′, P″ und R′ in der That Gleichgewicht herrscht, so hat man

$$\begin{array}{lll} x = -2 & \alpha = 40 & P = 10 \\ x' = +3 & \alpha' = 300 & P' = 20 \\ x'' = +4 & \alpha'' = 120 & P'' = 30 \\ x''' = +2{,}59 & \alpha''' = 260^\circ\,0'\,10'' & P''' = 15{,}3227. \end{array}$$

Wenn hier Gleichgewicht bestehn soll, so müssen die drei Gröſsen

$$\Sigma.\,P\,\text{Cos.}\,\alpha, \quad \Sigma.\,P\,\text{Sin.}\,\alpha, \quad \Sigma.\,P\,x\,\text{Sin.}\,\alpha$$

jede für sich gleich Null seyn. Es ist aber

$$\begin{array}{rrr} P\,\text{Cos.}\,\alpha = \ \ 7{,}66 & P\,\text{Sin.}\,\alpha = \ \ 6{,}43 & P\,x\,\text{Sin.}\,\alpha = -\ 12{,}86 \\ 10{,}00 & -\ 17{,}32 & -\ 51{,}96 \\ -\ 15{,}00 & 25{,}98 & 103{,}92 \\ -\ \ 2{,}666 & -\ 15{,}09 & -\ 39{,}09 \end{array}$$

und die Summe dieser drei Zahlenreihen ist auch in der That jede für sich, gleich Null.

Ist endlich der Hebel, unter der Wirkung der drei ersten Kräfte P, P′, P″, in dem Anfangspuncte der Coordinaten fest, und sucht man eine vierte Kraft P‴, so daſs der feste Hebel unter diesen vier Kräften im Gleichgewichte ist, so hat man, nach dem Vorhergehenden, bloſs die einzige Gleichung

$$\Sigma.\,P\,x\,\text{Sin.}\,\alpha = 0,$$

das heiſst,

$$P'''\,x'''\,\text{Sin.}\,\alpha''' = -\,(P\,x\,\text{Sin.}\,\alpha + P'\,x'\,\text{Sin.}\,\alpha' + P''\,x''\,\text{Sin.}\,\alpha'')$$

oder wenn man in diesem Ausdrucke, rechts von dem Gleichheitszeichen, die vorhergehenden numerischen Werthe substituirt,

$$P'''x'''\,\text{Sin.}\,\alpha''' = -\,39{,}10.$$

ı kann daher, um die letzte Aufgabe aufzulösen, zwei von drei Gröſsen

$$P''',\ x'''\ \text{oder}\ \alpha'''$$

kürlich annehmen und dann die dritte mittelst der letzten ichung bestimmen. Ist z. B. $P''' = 25°$ und $\alpha''' = 200°$, findet man

$$P'''\,\text{Sin.}\,\alpha''' = -\,8{,}551$$

l daher

$$x''' = \frac{-39{,}10}{-\,8{,}551} = +\,4{,}57.$$

Sind endlich, wie zuvor, alle körperliche Puncte des Syns in einer geraden Linie, in der Axe der x, und die Richgen der Kräfte alle in der Ebene der xz und sämmtlich allel mit der Axe der z, so wird man in den vorhergehen- Gleichungen (1) bis (4) nur den Winkel $\alpha = 90°$ zu setzen ıen. Man erhält so für das Gleichgewicht des freien Syms die zwei Gleichungen

$$\left.\begin{array}{l}\Sigma.P = 0\\ \Sigma.Px = 0\end{array}\right\}\ldots\quad(1')$$

lten aber diese Kräfte P, P′, P″ . . . das System nicht im ichgewichte halten, so hat man für ihre Resultante

$$R = \Sigma.P\ \text{und, da}\ A = 90°\ \text{ist},$$

$$X = \frac{\Sigma.Px}{R}.$$

: letzte Gleichung kann auch so ausgedrückt werden:

$$X = \frac{Px + P'x' + P''x'' + \ldots}{P + P' + P'' + \ldots}$$

l dieses ist der bekannte Ausdruck für den geradlinigen, mit hrern Gewichten beschwerten Hebel, der unter der Wirkung Schwere im Gleichgewichte steht.

Wird das System in einem seiner Puncte, in dem Angspuncte der Coordinaten, fest angenommen, so hat man für ı Gleichgewicht nur die einzige Gleichung

$$\Sigma.Px = 0,$$

ı dann der Druck, welchen diese Kräfte auf den festen

by Google

Punct ausüben, gleich $\Sigma.P$ ist. Bemerken wir noch zum Schlusse dieser Untersuchung, daſs die oben (zu Ende des Abschnittes D) aufgestellten allgemeinen Gleichungen nur das Resultat eines einzigen der vielen Beispiele sind, die LAGRANGE in seiner *Mécanique analytique* zur Erläuterung seiner Theorie der Statik mitgetheilt hat, wo er, aus Veranlassung dieses Beispiels, jene Formeln, die zugleich die allgemeinsten Grundformeln der Statik sind, für diesen speciellen Fall besonders entwickelt. Da MURHARD, der deutsche Uebersetzer dieses unsterblichen Werkes, in seiner Einleitung zu demselben sagt, daſs G. A. KÄSTNER dieses Buch wohl im Allgemeinen gelobt, aber auch hinzugesetzt habe, man würde sich wohl vergebens bemühn, aus den vielen Formeln desselben auch nur die Theorie des einfachen Hebels abzuleiten, so wird es vielleicht nicht unangemessen erscheinen, bei der gegenwärtigen Gelegenheit diese für unmöglich ausgegebene Ableitung aus jenen Formeln unmittelbar gegeben zu sehn, wobei wir die Bemerkung nicht unterdrücken können, daſs jenes Werk vielleicht das erste und gröſste von allen mathematischen Werken ist, dessen sich unsere an Arbeiten solcher Art so reiche Zeit rühmen kann, und daſs wohl erst die künftigen Jahrhunderte die völlige Entwickelung aller der Keime von höchst wichtigen und fruchtbaren Ideen sehn wird, die der unsterbliche Verfasser in diesem Werke niedergelegt hat.

L.

W i n t e r.

Hiems; Hiver; *Winter.*

Im gemeinen Leben wird diejenige Jahreszeit so genannt, wo die Tage am kürzesten sind und die Vegetation durch die Kälte unterbrochen wird. In wissenschaftlicher oder astronomischer Bedeutung heiſst *Winter* in der nördlichen Hemisphäre die Zeit von dem kürzesten Tage des Jahres bis zur Frühlingsnachtgleiche, oder genauer noch, die Zeit von dem tiefsten Stande der Sonne unter dem Aequator bis zu ihrem Eintritt in den Aequator, oder endlich die Zeit, wo die Länge der Sonne von 270 bis zu 360 Graden wächst. Der Anfang dieser Zeit fällt um den 21sten December und das Ende um den

sten März, während unser *Sommer* oder die Zeit der Son-
nlänge von 90 bis 180 Grad vom 21sten Juni bis zum
isten September währt. In der südlichen Hemisphäre sind
e sämmtlichen vier Jahreszeiten jenen der nördlichen Halb-
igel entgegengesetzt, also ist dort Winter, wenn es bei
s Sommer ist, und umgekehrt, so daſs in der südlichen
emisphäre der Winter mit dem 21sten Juni anfängt und mit
r Nachtgleiche um den 23sten September endet. In der
iſsen Zone sowohl, als auch in den beiden kalten, ist die
mperatur und die Einwirkung derselben auf die Vegetation
diesen beiden Jahreszeiten zwar lange nicht so sehr ver-
hieden, wie in den gemäſsigten Zonen, doch kann man auch
er allgemein den Anfang des Winters die Zeit nennen, wo
r die ihnen nächste gemäſsigte Zone der mittägige Abstand
r Sonne vom Zenith am gröſsten ist, so daſs also die nörd-
he Hälfte der heiſsen Zone ihren Winter mit dem 21sten
ecember, die südliche aber mit dem 21sten Juni beginnt.

Die Ursache der höheren Temperatur des Sommers in
iden Hemisphären, in Beziehung auf jene des Winters, ist
cht die gröſsere Nähe der Sonne bei der Erde. In der That
für die nördliche Hemisphäre im Winter die Sonne viel
her als im Sommer. Die Differenz beträgt nahe 700000
ogr. Meilen. Die wahre Ursache ist die mittägige Stellung
r Sonnenstrahlen, die im Sommer einen viel gröſseren Win-
l mit unserem Horizonte bilden, als im Winter, verbunden
it der gröſsern Länge der Tage im Sommer. Auch ist we-
n der Excentricität der Erdbahn der Sommer auf der nörd-
hen Hemisphäre um nahe 8 Tage länger als der Winter. Es
uert nämlich in dieser Hemisphäre

der Frühling	92,9 . . .	der Herbst	89,7	Tage
der Sommer	93,6 . . .	der Winter	89,1	
Summe	186,5		178,8	

ıf der südlichen ist dieses Verhältniſs umgekehrt, da dort,
e gesagt, alle Jahreszeiten den unseren entgegengesetzt sind.
eses wird so lange dauern, als das Perihelium der Erdbahn
f diejenige Seite der Aequinoctiallinie fällt, auf der es jetzt
. In der Folge der Zeiten aber wird sich dieses Verhältniſs
ıkehren, und dann wird auf der nördlichen Halbkugel die
mme der Dauer des Frühlings und Sommers kleiner seyn,

Digitized by Google

als die der beiden andern Jahreszeiten. Aber auch dieser Um-stand wird nie einen beträchtlichen Einfluſs auf die Temperatur der verschiedenen Jahreszeiten haben.

Um zu sehn, welchen Einfluſs jener verschiedenen Einfallswinkel der mittägigen Sonnenstrahlen im Sommer und Winter auf die Temperatur hat, sey TA ein kleiner Theil der Fig. 240. Oberfläche der Erde. Im tiefſten Winter, zur Zeit des Wintersolstitiums, fallen diese Strahlen Mittags unter dem Winkel BAD = βTD, und im höchsten Sommer, im Sommersolstitium, unter dem Winkel CAD = γTD auf den Horizont TAD auf. Zieht man von O die Lothe OM auf AB und ON auf Tγ, so verhält sich die Menge der auf die Linie AT fallenden Strahlen

$$\frac{\text{im Winter}}{\text{im Sommer}} = \frac{OM}{ON} = \frac{\text{Sin.}h}{\text{Sin.}h'},$$

wo h und h' die mittägigen Sonnenhöhen im Winter- und im Sommersolstitium bezeichnen.

Ist nun φ die Polhöhe des Ortes T auf der Oberfläche der Erde und e die Schieſe der Ekliptik, so ist

$$\frac{\text{Sin.}h}{\text{Sin.}h'} = \frac{\text{Sin.}(90^\circ - (\varphi + e))}{\text{Sin.}(90^\circ - (\varphi - e))} = \frac{\text{Cos.}(\varphi + e)}{\text{Cos.}(\varphi - e)}.$$

Für Wien ist $\varphi = 48^\circ\ 12'$, und da überdieſs die Schieſe der Ekliptik $e = 23^\circ\ 28'$ ist, so hat man für Wien

$$\frac{\text{Sin.}h}{\text{Sin.}h'} = \frac{0{,}3145}{0{,}9083} = 0{,}346,$$

oder jede kleine Linie TA der Oberfläche der Erde wird im Winter nur 0,346, also auch jede kleine Fläche der Erde nur 0,120mal soviel mittägige Sonnenstrahlen, also auch im Allgemeinen ebenso viel weniger Erleuchtung und Erwärmung erhalten, als im Sommer.

Die zweite oben angegebene Ursache der höheren Temperatur des Sommers, die gröſsere Länge der Tage, ist für sich klar. So beträgt die Länge des Tags für Wien im Sommer 15 Stunden 52 Minuten, im Winter aber nur 8 St. 9 Min., also nahe nur die Hälfte von jener Zeit. In gröſsern Breiten ist dieser Unterschied noch viel bedeutender; so ist z. B. für Petersburg der längste Tag über 18, und der kürzeste noch nicht 6 Stunden. Zu diesen beiden Ursachen kommt aber noch

ie dritte, daſs nämlich die Sonnenstrahlen zur Zeit eines tie-
en Standes der Sonne über dem Horizont einen viel gröſse-
ı Weg durch die Atmosphäre, besonders durch die unteren
ıeile derselben, machen müssen, welche Theile mit vielen
insten versehn und schon an sich bedeutend dichter sind, da-
r auch die Wirkung der Strahlen sehr schwächen. Sey AB Fig. 241.
: Oberfläche und T der Mittelpunct der Erde, FE die äu-
rste Schicht der Atmosphäre, B der Beobachtungsort, und α
r Ort der Sonne im Horizonte bei ihrem Auf- oder Unter-
ng, β der Ort derselben im Mittag im Wintersolstitium und
dlich γ im Sommersolstitium. Ist die Höhe des Atmosphäre
F nahe = zehn geogr. Meilen, so ist $B\gamma = 10\frac{1}{4}$, $B\beta = 30\frac{1}{2}$
ıd $B\alpha = 131$ Meilen, nämlich

$$B\alpha = \sqrt{T\alpha^2 - TB^2},$$

o $TB = 859$ der Halbmesser der Erde und $T\alpha = TF = 859 + 10 = 869$
eilen beträgt. Man sieht daraus, daſs der sommerliche Weg
r mittägigen Strahlen in der Atmosphäre nahe dreimal kürzer
: als der winterliche, und daſs derselbe Weg beim Auf- und
ntergange der Sonne sogar über 130 Meilen beträgt, weswe-
n man auch die auf- oder untergehende Sonne, ohne Schmerz
ı Auge zu empfinden, anblicken kann. Vermehrt wird dieses
erhältniſs der Schwächung der Lichtstrahlen noch dadurch,
ſs die der Erde näheren atmosphärischen Schichten zugleich
e dichteren und mit vielen Dünsten angefüllt sind, und daſs
sonders beim Auf- und Untergange der Sonne der Weg Bm
ırch diese dichteren Schichten sehr viel gröſser ist, als der Weg
D, wenn die Sonne im Zenith F des Beobachters steht.

Indem Lambert in seiner Photometrie alles Vorhergehende
sammennahm, fand er für die Stärke K der Beleuchtung oder
wärmung der Sonnenstrahlen für verschiedene Höhen der Sonne
er dem Horizont folgende kleine Tafel.

Sonnenhöhe	Beleuchtung K
10°	8
20	73
30	173
40	282
50	384
60	470
70	535
80	575
90	589

Digitized by Google

Diese Tafel giebt für Wien und

für $h = 90^\circ - (\varphi + e) = 18^\circ 20' \ldots K = 62$ und

für $h = 90^\circ - (\varphi - e) = 65^\circ 20' \ldots K' = 504$

also auch

$$\frac{K}{K'} = \frac{62}{504} = 0{,}123,$$

nahe mit dem Vorhergehenden übereinstimmend, da wir den

$$\left(\frac{\text{Sin. h}}{\text{Sin. h}'}\right)^2 = 0{,}120$$

gefunden haben. *L.*

Winterpunct.

Winter-Wendepunct; *Punctum solstitii hiberni;* Solstice d'hiver; *Winter-Solstice.*

So wird derjenige Punct der Ekliptik genannt, in welchem die Sonne ihre gröſste südliche Abweichung, die gleich der Schiefe der Ekliptik ist, erreicht. Dieser Punct hat die Länge von 270 Graden vom Frühlingspuncte, von West gen Ost, gezählt. Durch ihn geht, dem Aequator parallel, der Wendekreis des Steinbocks. Wenn die Sonne in diesem Puncte ist, so steht sie vom Nordpole des Aequators am weitesten ab und hat dann für die nördliche Halbkugel die gröſste mittägige Zenithdistanz, so daſs sie für die nördliche Zone sogar am tiefsten unter dem Horizonte steht und daſs der Tag, an welchem die Sonne diesen Punct erreicht, für die nördliche Hemisphäre der kürzeste, für die südliche aber der längste des ganzen Jahres ist. *L.*

Druck von C. P. Melzer in Leipzig.

Digitized by Google

Verzeichniſs der einzelnen Bände und Abtheilungen n Gehler's physikalischem Wörterbuche (so weit es bis tzt erschienen ist), nebst Bemerkung, was jeder Band ler jede Abtheilung im Subscript.-Preise kostet.

Band, welcher A und B enthält. Mit 21 Kupfertafeln. gr. 8. 1825. Subscript. Preis 4 Thlr. 20 Ngr. (4 Thlr. 16 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 5 Thlr. 22½ Ngr. (5 Thlr. 18 gGr.)

Band, welcher C und D enthält. Mit 20 Kupfertafeln. gr. 8. 1826. Subscript. Preis 2 Thlr. 25 Ngr. (2 Thlr. 20 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 3 Thlr. 15 Ngr. (3 Thlr. 12 gGr.)

Band, welcher E enthält. Mit 16 Kupfertafeln. gr. 8. 1827. Subscript. Preis 4 Thlr. 15 Ngr. (4 Thlr. 12 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 5 Thlr. 15 Ngr. (5 Thlr. 12 gGr.)

Band 1ste Abtheil., welche F enthält. Mit 9 Kupfertafeln. gr. 8. 1827. Subscript. Preis 2 Thlr. 10 Ngr. (2 Thlr. 8 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis. 3 Thlr. 2½ Ngr. (3 Thlr. 2 gGr.)

Band 2te Abtheil., welche G enthält. Mit 9 Kupfertafeln. gr. 8. 1828. Subscript. Preis 4 Thlr. 7½ Ngr. (4 Thlr. 6 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 5 Thlr. 10 Ngr. (5 Thlr. 8 gGr.)

Band 1ste Abtheil., welche H enthält. Mit 13 Kupfertafeln. gr. 8. 1829. Subscript. Preis 2 Thlr. 20 Ngr. (2 Thlr. 16 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 3 Thlr. 15 Ngr. (3 Thlr. 12 gGr.)

Band 2te Abtheil., welche I und K enthält. Mit 17 Kupfer-afeln. gr. 8. 1830. Subscript. Preis 2 Thlr. 25 Ngr. (2 Thlr. 20 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 3 Thlr. 22½ Ngr. (3 Thlr. 18 gGr.)

Band 1ste Abtheil., welche L enthält. Mit 11 Kupfertafeln. r. 8. 1831. Subscript. Preis 2 Thlr. 20 Ngr. (2 Thlr. 16 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 3 Thlr. 15 Ngr. (3 Thlr. 12 gGr.)

Digitized by Google

6r Band 2te Abtheilung, welche Ma enthält. Mit 15 Kupf.
und 4 Charten. gr. 8. 1836. Subscript. Preis 4 Thlr.
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 5 Thlr.

6r Band 3te Abtheilung, welche Me — My enthält. Mit 17 Ku-
pfert. gr. 8. 1837. Subscript. Preis 4 Thlr. 10 Ngr.
(4 Thlr. 8 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 5 Thlr. 15 Ngr.
(5 Thlr. 12 gGr.)

7r Band 1ste Abtheilung, welche N — Pn enthält. Mit 7 Kupfert.
gr. 8. 1833. Subscr. Preis 2 Thlr. 20 Ngr. (2 Thlr. 16 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 3 Thlr. 15 Ngr.
(3 Thlr. 12 gGr.)

7r Band 2te Abtheilung, welche Po — R enthält. Mit 19 Ku-
pfertaf. gr. 8. 1834. Subscript. Preis 3 Thlr. 5 Ngr.
(3 Thlr. 4 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 4 Thlr. 5 Ngr.
(4 Thlr. 4 gGr.)

8r Band, welcher S enthält. Mit 23 Kupfertafeln. gr. 8.
1836. Subscript. Preis 5 Thlr.
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 6 Thlr. 10 Ngr.
(6 Thlr. 8 gGr.)

9r Band 1ste Abtheilung, welche T — Thermol enthält. Mit
10 Kupfertafeln und 2 Charten. gr. 8. 1838.
Subscript. Preis 3 Thlr. 15 Ngr. (3 Thlr. 12 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 4 Thlr. 15 Ngr.
(4 Thlr. 12 gGr.)

9r Band 2te Abtheilung, welche Thermom — U enthält. Mit
24 Kupfertafeln. gr. 8. 1839. Subscr. Preis 3 Thlr. 20 Ngr.
(3 Thlr. 16 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 4 Thlr. 25 Ngr.
(4 Thlr. 20 gGr.)

9r Band 3te Abtheilung, welche V enthält. Mit 8 Kupfertafeln.
gr 8. 1840. Subscript. Preis 3 Thlr. 10 Ngr. (3 Thlr. 8 gGr.)
Auf Schreibpapier. Subscript. Preis 4 Thlr. 15 Ngr.
(4 Thlr. 12 gGr.)

10r Band 1ste Abtheilung, welche W — Wae enthält. Mit 9
Kupfertafeln. gr. 8. 1841. Subscript. Preis 4 Thlr. 15 Ngr.
(4 Thlr. 12 gGr.)
Auf Schreibp. Subscr. Preis 5 Thlr. 20 Ngr. (5 Thlr. 16 gGr.)

10r Band 2te Abtheilung, welche Waf — Win enthält. Mit 25
Kupfertafeln. gr. 8. 1842. Subscr. Preis 4 Thlr. 20 Ngr.
(4 Thlr. 16 gGr.)
Auf Schreibp. Subscr. Preis 5 Thlr. 25 Ngr. (5 Thlr. 20 gGr.)

10r Band 3te Abtheilung, welche den Schluſs des Werkes und das
Register enthält, erscheint im künftigen Jahre.

Digitized by Google

Digitized by Google